This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

ASTR
20.76
1
3

The Gift of
Casimir Constable
of Constableville, N.Y.
5th October, 1866.

MANUEL
D'ASTRONOMIE.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET,
rue de Vaugirard, n° 9.

MANUEL
D'ASTRONOMIE,

OU

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CETTE SCIENCE

DANS L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES;

PAR M. BAILLY,
Membre de plusieurs Sociétés savantes.

TROISIÈME ÉDITION,
REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE.

Ouvrage orné de Planches.

PARIS,
A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,
RUE HAUTEFEUILLE, AU COIN DE CELLE DU BATTOIR.

1830.

Sisn. 8076.1.3

1866, Oct. 5.
Gift of
Casimer Constable,
of Constableville, N.Y.

PRESERVATION MASTER
AT HARVARD

PRÉFACE.

La culture des idées positives est devenue pour le siècle actuel un véritable besoin. Entretenir cette excitation généreuse des esprits en leur présentant d'une manière rapide le tableau de l'astronomie, dépourvue des difficultés qui en rendent l'accès impossible aux personnes peu versées dans les mathématiques, est donc une entreprise qui ne peut manquer d'être utile. Tel est le but que nous nous sommes proposé dans ce Manuel; mais quelque rétréci que soit le cadre que nous avons employé, nous n'avons point cependant élagué les explications; et toutes les fois que cela nous a été possible, sans le secours de l'analyse mathématique, nous avons cherché à satisfaire les esprits les plus rigoureux; c'est en consultant à cet égard les ouvrages de nos plus célèbres astronomes, MM. de Laplace, Arago, Delambre, Biot et Francœur, etc., qu'il nous a été possible de donner aux idées

les plus compliquées la forme la plus élémentaire.

La troisième édition que l'éditeur offre aujourd'hui au public a subi encore une nouvelle révision, et on y a fait de nombreuses additions.

MANUEL D'ASTRONOMIE.

PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX DE LA VOUTE CÉLESTE.

Aspect du ciel.

Les premiers habitans de la terre furent sans doute frappés de la succession régulière et constante du *jour* et de la *nuit*, et durent chercher à connaître les changemens qui s'opéraient dans le ciel pendant ces deux phénomènes si différens. A peine, en effet, le jour commence-t-il à paraître que bientôt, dans une région du ciel, se montre un disque brillant d'où s'échappe une multitude de rayons lumineux qui répandent la clarté; il s'élève lentement au-dessus de nos têtes, puis redescend et se dérobe enfin à nos regards; une faible lumière éclaire encore la terre, peu à peu elle s'éteint et fait place à la

nuit. C'est alors qu'un nouveau spectacle va se déployer à nos yeux : un seul astre avait, pendant le jour, attiré notre admiration par sa marche majestueuse et par l'éclat de sa lumière; mais à peine a-t-il disparu que de tous côtés apparaissent des points brillans, d'une grandeur variable, décorant la voûte immense qui domine nos têtes : leur nombre s'accroît à mesure que l'obscurité devient plus profonde, et bientôt les espaces célestes en sont presque entièrement remplis. Les mouvemens de ces corps ajoutent encore à la beauté de ce tableau : tandis que les uns, se mouvant dans la même direction que le soleil, se dérobent comme lui à nos regards vers l'ouest, d'autres se montrent à l'est, parcourent la voûte céleste, et s'abaissant à leur tour du côté où l'astre du jour a cessé de luire, ils échappent entièrement à notre vue. Tels sont les phénomènes du *lever* et du *coucher* des astres. Tous cependant ne vont point ainsi se cacher au-dessous de l'horizon; il en est en effet qui pour nous n'atteignent jamais ce cercle, et dont par conséquent on peut suivre le cours pendant la nuit entière. Les sept étoiles qui forment la *constellation* de la Grande-Ourse ou du Chariot, sont au nombre de ces derniers; si l'on se place de ma-

nière à avoir l'orient à sa droite et l'occident à sa gauche, on voit ce groupe, si connu dans nos climats, prendre successivement des positions diverses, sans que pour cela les astres qui le constituent changent leurs relations mutuelles de figure ou de distance. Cependant l'obscurité diminue, déjà le jour renaît, il augmente; le soleil, par sa vive lumière, dissipe l'éclat des astres de la nuit, et les phénomènes de la veille se renouvellent dans le même ordre; c'est à ce mouvement général des astres d'orient en occident, accompli dans l'intervalle d'un jour et d'une nuit, que l'on a donné le nom de *mouvement diurne*.

Des observations plus parfaites ont appris que des astres soumis au mouvement dont nous venons de parler en éprouvaient un particulier qui altérait leur rapport de distance avec ceux qui les environnaient : la lune nous en offre un exemple remarquable; chaque jour, en effet, elle s'éloigne de certains groupes d'étoiles pour se rapprocher d'autres plus voisins de l'orient; en sorte que les astres qui se couchaient avec elle le jour précédent se couchent avant elle le lendemain. Elle s'est donc avancée d'occident en orient en sens contraire du mouvement diurne. Ce mouvement de déplacement par rapport aux

étoiles, dont les rapports entre elles sont constamment les mêmes, a été distingué sous le nom de *mouvement propre;* les corps célestes soumis à ce mouvement ont été nommés *planètes* ou *étoiles errantes*, tandis que les autres astres, à cause de leur immobilité, ont été appelés *étoiles fixes* ou simplement *fixes*.

Le soleil, doué comme les planètes d'un mouvement propre, en présente un autre qui devient très sensible, tant par la différence de calorique qu'il nous envoie que par celle de la longueur des ombres produites par sa lumière. C'est à ce mouvement composé que nous devons la variété des saisons et l'inégalité des jours.

Quelquefois, enfin, on observe dans le ciel des corps lumineux tout différens de ceux qui nous ont occupés jusqu'à présent, et qui, par les divers changemens qu'ils subissent, ont toujours été pour les peuples un objet d'étonnement et de curiosité; d'abord très petits et peu brillans, ils acquièrent bientôt des dimensions considérables, et laissent apercevoir une traînée lumineuse dont l'étendue et la vivacité sont très variables; ce sont les *comètes*. Douées de mouvemens propres dont la direction est susceptible de changer,

plus elles s'approchent du soleil, plus leur queue se développe et devient lumineuse; enfin leur éclat, leur grandeur diminuent avec plus ou moins de rapidité, et elles disparaissent entièrement à nos yeux.

Tels sont les phénomènes que nous présente le ciel, et dont l'étude forme la base des élémens de l'astronomie. Reconnaître tous les astres qui parcourent l'espace, déterminer leur position rigoureuse, leurs rapports, leur volume, leur masse, leur distance, les lois du mouvement auquel ils sont assujettis, tel est le but de cette science, si grande par son objet, si utile dans ses applications, si propre enfin à élever l'homme à ses yeux, loin, comme quelques uns le prétendent, de lui révéler sa petitesse.

De la Sphère céleste.

Dans l'exposition du ciel que nous venons de présenter, nous avons fait connaître les principaux phénomènes qui s'étaient offerts à nos yeux par la simple inspection; nous allons maintenant développer les données nécessaires pour en obtenir l'explication.

Les divers mouvemens que nous avons re-

connus dans le ciel ont dû nous faire penser que nous étions placés en un point de l'univers, autour duquel nous apercevions, comme d'un centre, circuler une sphère parsemée d'une multitude de points étincelans qui y étaient attachés à des profondeurs en apparence égales, et dont nous ne découvrions qu'une partie. Cette sphère semble tourner autour d'une ligne imaginaire qu'on appelle *axe du monde;* les points supérieur et inférieur où cette ligne rencontre la voûte céleste, se nomment *pôles,* du mot grec πολειν, qui signifie tourner; celui de ces deux points qu'à cause de notre position nous appelons supérieur prend le nom de *pôle boréal* ou *arctique;* l'autre, qui lui est diamétralement opposé et que nous n'apercevons point, s'appelle *pôle austral* ou *antarctique.*

Il faut bien se garder de confondre ces deux points avec celui situé exactement au-dessus de la tête d'un observateur et son opposé; ces deux derniers s'appellent, l'un le *zénith,* l'autre le *nadir;* chaque point de la surface du globe a donc son zénith et son nadir, et il n'y a que deux points à la surface de la terre où le zénith se confonde avec le pôle; ces points sont les pôles mêmes de la terre. Ainsi, *fig.* 1re, T étant le

point où est situé l'observateur, PP′ sont les pôles du monde, *p p′* les pôles de la terre, Z, N sont le zénith et le nadir; si l'observateur était situé en *e*, E deviendrait le zénith, E′ le nouveau nadir.

Concevez maintenant un plan *a b* (*fig.* 1re) tangent à la surface de la terre au point T, ce sera l'horizon sensible du lieu, il sépare la partie visible de la terre et des cieux de celle qui est invisible. On distingue en outre un second horizon ou horizon rationnel; c'est un plan parallèle au premier, mais assujetti à passer par le centre de la terre; ainsi H H′ est l'horizon rationnel de T; il est évident qu'à chaque lieu répond un nouvel horizon sensible ou rationnel. Ces plans ont un usage des plus importans en astronomie; c'est à eux qu'on rapporte les hauteurs des astres, dont la mesure, comme on le verra par la suite, est le fondement de la science.

Le grand cercle (1) passant par le zénith d'un lieu et par les pôles est le méridien de ce lieu.

---

(1) On appelle grand cercle d'une sphère celui qui a pour centre le centre même de cette sphère, et petits cercles ceux qui ne satisfont point à cette condition.

Les étoiles, supposées toutes attachées à la sphère céleste, décrivent chaque jour des cercles d'autant plus petits qu'elles sont plus près des pôles du monde. Le plus grand de ces cercles, celui dont tous les points sont à égale distance des pôles, est appelé *équateur;* quant aux cercles parallèles à celui-ci, on les désigne simplement sous le nom de *parallèles.*

L'équateur partage la sphère en deux parties gales: l'une forme l'hémisphère boréal, celui ne nous habitons, l'autre l'hémisphère austral.

L'horizon rationnel d'un lieu est coupé par l'équateur suivant une droite dont les points extrêmes se nomment, l'un *orient,* c'est celui où se lève une étoile qui décrit l'équateur; l'autre *occident,* c'est le point où la même étoile se couche; l'intersection de l'horizon par le plan du méridien de l'observateur détermine deux autres points, le sud, situé du côté où se trouve le soleil à midi, par rapport à nous; l'autre, qui lui est opposé, est le nord; ces quatre points sont connus sous le nom de *points cardinaux.*

Lorsque nous avons considéré les divers mouvemens des astres, nous avons reconnu qu'il y en avait plusieurs qui ne se couchaient jamais, et qui, par conséquent, étaient constamment

au-dessus de l'horizon; parmi ceux-ci, il en est quelques uns qui n'éprouvent que de très légers déplacemens, et qui paraissent à peine se mouvoir. Ces astres, en effet, voisins de la ligne autour de laquelle tous les autres corps célestes accomplissent leur révolution, décrivent des cercles diurnes d'une si petite étendue qu'ils nous sont à peine sensibles; cependant on les voit passer deux fois au méridien pendant une de leurs révolutions; la première fois au méridien supérieur, c'est-à-dire du côté du zénith; la seconde fois au méridien inférieur, c'est-à-dire entre le pôle et l'horizon : on les nomme pour cette raison *circompolaires*.

La position des astres, rapportée à l'équateur, est connue par leur ascension droite et leur déclinaison. La *déclinaison* d'un astre est sa distance angulaire à l'équateur mesurée sur un grand cercle, qui passe par son centre et par les pôles du monde. Ce cercle de déclinaison est donc perpendiculaire à l'équateur. La déclinaison est australe ou boréale, suivant que l'astre est situé dans l'un ou l'autre hémisphère de ce nom.

Nous dirons plus loin ce qu'on doit entendre par ascension droite. Ces définitions une fois de-

venues familières au lecteur, il entendra facilement le reste de l'ouvrage.

De la Rondeur de la Terre et des principales divisions du Globe.

Maintenant que nous avons déterminé dans la sphère céleste, qui a reçu aussi le nom d'*Empirée* et de *Firmament*, d'après l'idée qu'on se formait anciennement de sa solidité et de sa propriété de retenir les eaux du ciel, les principaux points qui nous sont nécessaires pour arriver à la connaissance de la position et des phénomènes des astres, nous allons nous conduire de la même manière à l'égard du lieu où nous sommes placés, et que l'on nomme la *Terre*. Il paraîtra sans doute étrange à nos lecteurs que nous parlions ici de la sphéricité de la terre; mais comme il est nécessaire d'acquérir cette notion avant d'établir les divisions de notre globe, nous avons cru devoir placer ce sujet à cet endroit.

La forme de la terre est celle d'un corps arrondi à très peu près; on a long-temps méconnu cette propriété; en effet, les premiers observateurs, s'abandonnant complétement aux illusions

de leurs sens, crurent d'abord que le ciel se confondait avec la terre aux limites de l'horizon sur lesquelles il semble s'appuyer, et que la surface terrestre était plane dans toute son étendue. Peu à peu une philosophie plus exacte et une observation plus attentive firent douter de ces opinions. On s'aperçut que toutes les fois qu'un navire s'éloignait du rivage, les parties inférieures disparaissaient d'abord, puis successivement celles qui étaient le plus élevées : les navigateurs eux-mêmes, près d'atteindre le port, ne voyaient d'abord que le sommet des parties les plus hautes, et ne distinguaient les plus basses qu'à mesure qu'ils approchaient davantage. Ces observations ébranlèrent fortement la croyance commune; enfin, les voyages de long cours entrepris dans les diverses parties de la terre, surtout ceux des navigateurs qui revinrent à l'endroit d'où ils étaient partis en faisant ainsi le tour du monde; des observations astronomiques, entre autres la projection circulaire de l'ombre de la terre sur le disque de la lune, lorsque celle-ci est en partie éclipsée, prouvent que la terre est à peu près sphérique; je dis à peu près, parce que, comme nous le verrons bientôt, elle est un peu aplatie aux extrémités de son axe.

terre, il ne verra que la moitié des étoiles; chacune d'elles, en vertu du mouvement diurne, restera constamment sur l'horizon : la route qu'elle suivra sera constamment parallèle à ce plan, en sorte que sa hauteur sera toujours égale à sa déclinaison. C'est à cause du parallélisme de tous ces mouvemens à l'égard de l'horizon, que *la sphère est dite parallèle*, par rapport à un individu situé sur un des pôles de la terre.

Si l'observateur se transporte à l'équateur, où sa verticale sera perpendiculaire à l'axe de l'équateur, cet axe lui-même se trouve tout entier dans le plan de l'horizon rationnel de l'observateur, et passe par tous les points P N C U (*fig.* 3), centre des parallèles des étoiles; il les coupe ainsi perpendiculairement en deux parties égales; la moitié de chacun de ces parallèles qui est vers Z est au-dessus de l'horizon, et l'autre moitié vers E est toujours au-dessous. Ainsi, toutes les fois qu'un observateur sera dans la position dont nous venons de parler, il apercevra les étoiles pendant tout le temps qu'elles décriront la moitié de leurs cercles diurnes, et les plans dans lesquels elles se meuvent seront toujours perpendiculaires à l'horizon. S'il se tourne

vers l'orient, il verra les étoiles qui se leveront dans le plan de l'équateur s'élever vis-à-vis de lui verticalement, tandis que celles qui seront à sa droite ou à sa gauche décriront des cercles parallèles aux premiers, mais de plus petits en plus petits, et de moins en moins élevés sur l'horizon. Il découvrira même, vers le sud et vers le nord, des étoiles dont le mouvement sera à peine sensible. C'est à cause de cette direction que la *sphère* est dite *droite*, pour un observateur placé sur l'équateur.

Si l'observateur maintenant s'avance de l'équateur vers un des pôles, celui du nord, par exemple, alors sa verticale s'incline de plus en plus vers la partie boréale de l'axe du monde, en s'écartant du plan de l'équateur: le pôle boréal paraît s'élever de plus en plus sur l'horizon, et le pôle austral s'enfoncer dessous à proportion.

Soit, par exemple, un observateur écarté de 30 degrés de l'équateur vers le pôle arctique ayant pour ligne de son zénith C F (*fig.* 3); le grand cercle H O R, perpendiculaire à C F, sera son horizon; le plan de l'équateur E O Z sera éloigné du zénith F de 30 degrés, et, par conséquent, distant de l'horizon de 60 degrés. Le pôle boréal P sera élevé de 30 degrés mesu-

rés par l'angle H C P, et le pôle austral sera abaissé de la même quantité au-dessous de ce plan.

Il suit de là que, quel que soit le lieu occupé par un observateur, la distance de son zénith à l'équateur, ou *sa latitude, est égale à la hauteur du pôle sur son horizon*, et *la distance du pôle au zénith est égale à la hauteur de l'équateur;* que, pour tout observateur placé entre le pôle et l'équateur, les plans des parallèles célestes sont inclinés sur l'horizon, et que les astres, qui les décrivent par l'effet du mouvement diurne, doivent s'avancer obliquement sur l'horizon, puis descendre obliquement en s'abaissant vers ce plan. Tout observateur situé comme nous venons de le dire, a sa *sphère oblique*. Dans ce cas, tous les astres dont le complément (1) de la déclinaison est plus petit que la hauteur du pôle, sont constamment visibles. Ainsi soit (*fig.* 3) D I L, un parallèle décrit par une étoile située au-dessus de l'horizon, le complément L P = D P de la déclinaison étant moindre que la hauteur du pôle

(1) On appelle complément d'un arc ou d'un angle sa différence à 90°.

H P, le point le plus bas de son cours n'atteindra jamais l'horizon H O R; au contraire, les étoiles qui décrivent des parallèles situés au-dessous de l'horizon, comme S U T, ayant le complément de leur déclinaison, T P', plus petit que la distance P' R, qui mesure l'abaissement du pôle inférieur P', elles ne paraîtront jamais sur l'horizon H O R. Dans la sphère oblique, tous les parallèles qui peuvent être coupés par l'horizon le sont en deux parties inégales, excepté l'équateur. C'est à cette inégalité dans la portion de parallèle située au-dessus de l'horizon que l'on doit l'apparition plus ou moins prolongée d'un astre, et la distance des astres au pôle placé du côté de l'observateur sert à mesurer l'étendue de leur révolution apparente. Ainsi, plus un astre sera voisin de ce pôle, plus la portion de son parallèle sera étendue, et plus, par conséquent, il demeurera de temps au-dessus de l'horizon. Le contraire aurait lieu pour les étoiles situées près du pôle inférieur. On peut exprimer cela d'une manière plus précise en disant que les astres resteront d'autant plus long-temps sur l'horizon que leur déclinaison de même dénomination que le pôle de l'observateur sera plus grande, tandis que le contraire

aura lieu pour ceux qui seront situés près du pôle opposé.

Des diverses circonstances du mouvement diurne des étoiles.

Après avoir fait connaître en partie à nos lecteurs la construction de la sphère céleste, et les divisions analogues établies sur le globe terrestre par les astronomes, afin de pouvoir comparer les diverses positions de l'observateur par rapport au ciel qu'il interroge, il s'agit d'étudier les diverses circonstances que nous présente le mouvement diurne des étoiles.

Celle qui a fixé plus particulièrement l'attention des observateurs est l'égalité constante de chaque révolution pour quelque étoile que ce soit. Si, en effet, on dirige une lunette vers une étoile quelconque, et que l'on compte l'intervalle de temps écoulé jusqu'au moment où elle reparaîtra de nouveau dans la lunette, fixée d'une manière immobile et dans une situation convenable, on s'assure aisément que la durée de la révolution est absolument la même en quelque temps que ce soit, et pour quelque étoile que ce soit. Les variations qu'elle éprouve étant extrêmement légères, et appréciables seulement pour

quelques fixes voisines de l'axe de rotation, ou causées par l'imperfection des instrumens mis en usage, les astronomes s'en sont servis pour obtenir, avec une précision parfaite, la *mesure du temps*. Ils ont appelé *jour sidéral* l'intervalle de temps écoulé entre deux retours consécutifs d'une étoile au même méridien. Les instrumens imaginés pour en évaluer la durée, d'abord très-grossiers et nommés *clepsydres*, consistaient dans des vases remplis d'eau, de sable ou de mercure, dont l'écoulement était le moyen de mesure. Il est facile de s'imaginer que des instrumens aussi imparfaits ne pouvaient donner que des mesures très-inexactes; aussi est-ce là le caractère dont sont revêtues celles qui nous ont été transmises par les anciens. Plus tard, des découvertes nouvelles en physique, et des procédés mécaniques plus ingénieux, firent imaginer des instrumens beaucoup plus parfaits, auxquels on donna le nom d'*horloges* ou de *pendules*, et qui ont atteint successivement, et surtout dans ces derniers temps, un grand degré d'exactitude.

Leur construction se réduit, en dernier lieu, à un fil vertical à l'extrémité duquel est suspendue une lentille très pesante, dont le nombre d'oscillations est indiqué sur un cadran par une

l'étoile, en sorte que la lunette restant dans une inclinaison constante, son objectif décrit un cercle qui forme la base d'un cône dont le sommet existe en un point du ciel situé sur le prolongement de l'axe de rotation de l'instrument. Si l'on s'aide d'une horloge bien réglée pour évaluer les intervalles de temps qui s'écoulent pendant que le plan mobile parcourt sur le plan fixe des arcs égaux, on voit que ces intervalles sont tous égaux entre eux. Il suit de là que, toutes les fois que l'on voudra apprécier de combien s'est déplacée une étoile, il sera indifférent de prendre pour mesure l'arc parcouru, que l'on évalue par le nombre de degrés qui y sont compris, ou l'intervalle de temps écoulé pendant le trajet d'une extrémité de l'arc à l'autre, pourvu, toutefois, que l'on ait préalablement établi un rapport connu entre le nombre de degrés parcourus pendant un temps déterminé. Ainsi, puisque le ciel effectue sa révolution en vingt-quatre heures d'un mouvement uniforme, si l'on partage tous les cercles diurnes en trois cent soixante *degrés*, chaque degré se subdivisant en soixante *minutes*, et chaque minute en soixante *secondes*, les étoiles décriront des arcs de quinze degrés par heure, d'un degré en

quatre minutes, et d'une minute en quatre secondes de temps. Mais ici il faut faire une distinction bien importante entre les divers cercles, c'est que les uns, tels que les grands cercles, étant tous égaux entre eux, et les autres, au contraire, tels que les parallèles, variant pour chacune des étoiles, leurs divisions en degrés, minutes et secondes, ne pourront coïncider avec celles des premiers; et, pour comparer les résultats, on sera obligé de déterminer la valeur des degrés d'un parallèle quelconque relativement à ceux d'un grand cercle (1). Au moyen des observations précédentes, nous sommes donc amenés à conclure que le mouvement sidéral est constamment uniforme, qu'il est exactement circulaire et qu'il s'accomplit autour d'un même axe.

(1) Le lecteur géomètre comprendra facilement que, pour réduire un nombre de degrés, minutes et secondes d'un parallèle en degrés, minutes et secondes de l'équateur, par exemple, il devra multiplier le nombre donné par le sinus de la distance polaire du parallèle; réciproquement pour convertir les arcs d'équateur en arcs de parallèle, il faudra les diviser par le sinus de la distance polaire.

Détermination du Méridien et de la Méridienne.

Lorsque nous avons examiné la variété des phénomènes qui se manifestaient dans la voûte céleste, une circonstance particulière commune à tous les astres est venue nous frapper. Nous les avons vus s'élever successivement au-dessus de l'horizon, puis s'abaisser au-dessous de ce plan. Quel sera le point où l'astre cessera de monter? Comment arriverons-nous à sa détermination?

Les astronomes ont imaginé plusieurs moyens pour y parvenir; le suivant, fondé sur les *hauteurs correspondantes du soleil*, est un des plus simples que l'on puisse employer.

Sur une surface exactement horizontale (ce dont on s'assure au moyen du niveau à bulle d'air), on plante un style vertical, du pied duquel on décrit, comme centre, plusieurs circonférences. On a soin de marquer sur chacune d'elles les points correspondant aux extrémités des ombres projetées par le soleil à diverses hauteurs, avant et après midi, par exemple, à neuf heures du matin et à trois de l'après-midi, à dix heures et à deux heures, à onze heures et à une heure. On divise ensuite l'arc compris

entre les deux points que l'ombre a tracés sur chaque circonférence, et on obtient ainsi une ligne qui partage également chacun des arcs, et qui, passant par le pied du style, indique le plan dans lequel se trouve le soleil lorsqu'il atteint sa plus grande hauteur. L'instrument qui sert à le reconnaître se nomme un *gnomon*.

Le plan dont nous venons de parler se nomme le *méridien*, parce qu'il détermine, pour l'observateur qui l'occupe, le milieu du jour ou *midi*; il passe par l'axe de rotation du monde, coupe l'horizon suivant une droite qui prend le nom de *méridienne*, et fixe ainsi les quatre points cardinaux. Le mode de détermination du méridien que nous venons de faire connaître n'est point rigoureux; car, comme nous le verrons plus tard, la déclinaison du soleil changeant chaque jour, d'une quantité peu appréciable, il est vrai, mais qui devient très sensible avec le temps, il en résulte que le plan du méridien ne sera point fixe et ne pourra convenir aux astres dont les mouvemens ne seront pas semblables à ceux du soleil; cependant, lorsque nous connaîtrons de combien la déclinaison varie chaque jour, il sera facile d'éviter les erreurs dans lesquelles nous pourrions tomber, et ce procédé si précieux par sa sim-

plicité, dépouillé de tous ses inconvéniens, pourra être mis sans crainte en usage.

Une méthode très simple encore, et dont on peut se servir conjointement avec la précédente pour établir un méridien, est celle de la mesure du temps. On a recours pour cet effet à un instrument très fréquemment employé par les astronomes; c'est l'*instrument des passages* (*fig.* 12), ainsi appelé parce qu'il sert à observer les astres au moment de leur arrivée dans le plan du méridien; on le nomme aussi *lunette méridienne*, parce qu'on l'emploie également pour connaître la *hauteur méridienne* des astres, c'est-à-dire le point où ils ont atteint leur plus grande hauteur au-dessus de l'horizon.

Cet instrument se compose d'une lunette astronomique, tube cylindrique aux extrémités duquel sont placés deux verres convexes: l'un, tourné du côté de l'objet, est l'*objectif*; l'autre, qui est près de l'œil, se nomme l'*oculaire*. Au foyer de l'objectif est placé un diaphragme percé à son milieu, pour ne laisser passer que les rayons voisins de l'axe, et rendre la vision plus nette. En ce même endroit sont disposés, sur une plaque métallique mobile, des fils très fins et bien tendus qui divisent l'espace circulaire que la vue embrasse

dans le ciel au moyen de cet instrument, et que l'on nomme *champ de la lunette*, en quatre parties égales. Cet appareil de fils, ordinairement au nombre de cinq verticaux et parallèles, et d'un sixième horizontal, constitue le *micromètre;* telle est la *lunette astronomique.* Celle-ci, dans l'instrument des passages, est pourvue d'un micromètre fixe et soutenu sur un axe parfaitement horizontal, porté lui-même sur deux coussinets susceptibles de se mouvoir, l'un dans le sens vertical, afin de donner à la lunette une direction rigoureusement horizontale, comme on le vérifie au moyen du niveau à bulle d'air; l'autre, au contraire, dans le sens horizontal, afin d'amener l'axe de la vision qui doit correspondre au troisième fil du micromètre dans le plan que l'on a choisi. Les coussinets sur lesquels reposent les bras de l'axe qui soutient la lunette sont fortement fixés dans des tourillons très solides et inébranlables.

Pour vérifier si l'*axe optique* correspond exactement à l'objet que l'on veut observer, on dirige la lunette vers un point de mire qui doit passer par le centre des fils, puis on la retourne, et si le point de mire se retrouve dans la même direction, alors l'axe optique est réglé, et l'on peut faire usage de l'instrument. En vertu de sa

construction, la lunette ne peut se mouvoir que dans un seul plan vertical, et c'est pour savoir l'inclinaison qu'elle peut prendre que l'on a soin de garnir l'un des bras de l'axe d'un limbe demi-circulaire.

Pour déterminer maintenant le plan du méridien, on place l'instrument dans un plan vertical, on dirige la lunette vers une étoile constamment visible, on l'observe à l'instant de sa plus grande et de sa plus petite hauteur, et on compte sur une horloge bien exacte le temps écoulé entre les deux passages de l'étoile. Presque toujours alors, si l'on a choisi un plan vertical quelconque, on trouve une grande différence, l'un étant plus grand qu'une demi-révolution, c'est-à-dire que douze heures sidérales, et l'autre plus petit. Il suffira donc de connaître cette différence et d'amener peu à peu la lunette dans le plan qui divisera exactement en deux moitiés le cercle diurne de l'étoile, ce que l'on pourra facilement exécuter après plusieurs observations consécutives.

Le méridien ainsi établi est, comme nous l'avons dit plus haut, un grand cercle de la sphère céleste passant par le zénith du lieu et par les pôles, partageant les arcs diurnes des parallèles

décrits par les étoiles en deux parties égales, et sur lequel elles arrivent à l'instant de leur plus grande ou de leur plus petite hauteur.

Tous les plans semblables au méridien, mais non perpendiculaires, comme celui-ci, à l'horizon de l'observateur qui n'est point situé au pôle, sont les *plans horaires :* on leur donne ce nom parce qu'en les faisant passer par une étoile dont on veut connaître la distance au méridien, et en la mesurant au moyen des angles qu'ils forment avec le plan fixe, et qu'on appelle *angles horaires*, on détermine l'heure à laquelle l'étoile doit passer ou a passé dans ce plan. On désigne aussi quelquefois les cercles horaires par le nom de *cercles de déclinaison;* mais il y a une distinction à faire sur l'emploi de ces deux dénominations : la première sert principalement pour mesurer la distance des astres par rapport au méridien, évaluée en degrés ou en temps; tandis que la seconde n'est mise en usage que quand on veut calculer l'élévation d'un astre quelconque au-dessus de l'équateur.

Le méridien céleste détermine sur la terre un plan analogue que l'on appelle *méridien terrestre.* Tous les autres plans de notre globe analogues aux plans horaires du ciel sont les méri-

diens terrestres qui, comme ceux-ci, passant par l'axe de rotation, peuvent prendre, par rapport au méridien vertical déterminé, toutes les inclinaisons possibles.

Des diverses méthodes propres à fixer la position des astres.

La nécessité de connaître d'une manière précise la situation des astres dans le ciel fit inventer plusieurs procédés. Pour y parvenir, deux furent particulièrement employés.

Dans le premier, l'observateur ayant choisi un méridien auquel il rapporte toutes les distances des astres, se sert des arcs qui mesurent les angles formés par les plans verticaux passant par chacun d'eux avec le méridien; mais il faut préalablement avoir fixé la hauteur de l'astre que l'on observe sur le plan vertical où il est placé.

Pour déterminer cette hauteur, l'observateur a besoin d'un instrument qui a reçu le nom de *quart de cercle mural.*

C'est un secteur appuyé ordinairement contre une muraille solide, ce qui lui a fait donner son nom; il est garni d'une lunette mobile au foyer de laquelle se trouve un micromètre composé de

deux fils mobiles seulement, l'un vertical, l'autre horizontal. Le rayon du cercle doit être disposé tout-à-fait verticalement dans le plan du méridien, et doit correspondre au o des divisions tracées sur le cadran décrit par le rayon. Le fil vertical du micromètre sert à diriger l'axe optique dans le plan du rayon; condition indispensable pour que les arcs mesurés par le limbe soient égaux à ceux que décrit l'axe optique. Au moment où l'astre entre dans le champ de la lunette, au moyen d'un mécanisme convenable on lui fait suivre le fil horizontal, et lorsque son centre touche au fil vertical, il est exactement dans le plan du méridien. On lit ensuite sur le limbe l'arc qui mesure l'angle formé par le rayon vertical et le rayon visuel; cet angle est la distance au zénith complément de la hauteur méridienne. Ainsi, soit (*fig.* 4) HH′ l'horizon, Z A B le vertical passant par l'astre A, A B est la hauteur méridienne, A Z est la distance au zénith complément de l'arc A B.

Il s'agit maintenant de connaître l'angle compris entre le vertical dans lequel se trouve l'astre que l'on observe, et le méridien; cet angle s'appelle l'*azimuth* de cet astre, il est oriental ou occidental. On peut y arriver en notant exacte-

ment l'heure de son passage au méridien et dans le vertical où on l'observe; alors le temps qui s'est écoulé entre ces deux passages en donne la valeur. Ce moyen, extrêmement simple, est employé assez fréquemment. La distance au zénith et l'azimuth d'un astre, élémens nécessaires pour fixer la position, peuvent s'obtenir encore à l'aide d'un instrument que l'on nomme *cercle entier*, et composé de deux cercles gradués, dont l'un, horizontal, offre la trace de la méridienne, et dont l'autre, muni d'une lunette à micromètre, est perpendiculaire au précédent et peut se mouvoir autour de la verticale qui le traverse à son centre. Au moment où l'on veut observer l'astre, on le place au centre des fils, en ayant soin préalablement de disposer, dans son plan vertical, le cercle dont nous avons parlé en dernier lieu. Il indique alors la hauteur de l'astre sur l'horizon, et sa distance au zénith qui en est le complément, tandis que le cercle horizontal ou azimuthal marque l'azimuth au moment de l'observation.

Les distances au zénith et les azimuths forment, comme on le voit, un système d'angles à l'aide desquels il est très facile d'obtenir la position des astres d'une manière rigoureuse. Mais cette

méthode présente un inconvénient qui l'a fait rejeter presque entièrement; c'est que le zénith et les azimuths, variant toutes les fois que l'observateur change d'horizon et de méridien, on n'a ainsi aucun point fixe auquel on puisse rapporter toutes les observations, et les diverses positions n'offrent rien de comparable. C'est pour cela que l'on a préféré la méthode suivante, dite *des ascensions droites et des déclinaisons.*

Dans celle-ci, il suffit de connaître le cercle horaire de l'astre et sa position sur ce cercle.

La position de l'astre sur le cercle horaire se détermine au moyen de l'instrument qui nous a servi à mesurer les hauteurs méridiennes. On en déduit la distance au pôle, et de celle-ci, celle à l'équateur qui en est le complément, et que l'on nomme *sa déclinaison*, ce qui fait qu'on appelle quelquefois les cercles horaires *cercles de déclinaison.*

La déclinaison se compte depuis o jusqu'à un angle droit; on la dit *boréale* ou *australe*, suivant que l'astre est au nord ou au sud de l'équateur.

Quant à la position du plan horaire, elle se détermine d'après l'angle qu'il fait avec un plan horaire désigné. Si l'angle dièdre formé par

la rencontre de ces plans est mesuré par un arc d'équateur, cet arc est ce qu'on nomme *l'ascension droite*. On le détermine en observant le temps qui s'écoule entre le passage de l'astre au méridien et celui du plan horaire, que l'on a choisi pour point de départ. Les astronomes désignent par le signe ♈ le point à partir duquel ils comptent les ascensions droites; ce point est celui où le soleil coupe l'équateur lorsqu'il remonte du tropique austral vers le nord.

L'*ascension droite* est donc l'angle que forme le plan horaire d'une étoile avec le méridien, à l'instant où le point fixe du bélier ♈, point où le soleil nous paraît être au printemps, se trouve dans le plan du méridien. L'ascension droite se compte toujours d'occident en orient, et depuis o jusqu'à la circonférence entière. Ce système de lignes au moyen duquel on détermine la position des astres offre, comme il est facile de l'apercevoir, beaucoup d'analogie avec le précédent; mais il en diffère essentiellement en ce que les positions des astres étant prises par rapport à des cercles de la sphère céleste invariablement fixés, puisque, en effet, ce sont l'équateur céleste et un méridien fixe, tous les observateurs situés à la surface de la terre peuvent y rapporter leurs

observations et comparer entre eux les résultats qu'ils ont obtenus. La déclinaison et l'ascension droite connues, on trouve tous les rapports de situation et de distance sur la sphère céleste. (1)

Ce que nous venons de dire va faire comprendre comment on peut obtenir un *catalogue d'étoiles* au moyen de la lunette méridienne, ou de tout autre instrument convenable. On détermine l'instant du passage d'une étoile quelconque que l'on connaît dans le plan du méridien; on note exactement l'heure, la minute, la seconde de son passage, en partant de 0^h du pendule; on fait la même chose pour toutes les autres étoiles, à mesure qu'elles arrivent dans le plan du méridien.

---

(1) L'*arc de distance* de deux étoiles, par exemple, c'est-à-dire l'arc de grand cercle qui les unit, se déterminerait évidemment de la manière suivante : Soient D la différence des ascensions droites ou l'angle au pôle, pp' les distances polaires, complément des déclinaisons; Δ l'arc de distance cherché, on déterminera un angle auxiliaire φ par la condition

$$\text{tang. } \varphi = \text{cos. D tang. } p',$$

et l'on obtiendra ensuite Δ par la relation

$$\text{cos. } \Delta = \frac{\text{cos. } p' \text{ cos. } (p - \varphi)}{\text{cos. } \varphi}.$$

On connaît ainsi la différence de leurs ascensions droites; on connaît également la hauteur de chacune d'entre elles. Ces données acquises, il est facile d'indiquer la position qu'elles doivent conserver entre elles, et on possédera ainsi une *carte céleste* sur laquelle seront tracés les divers groupes d'étoiles qui forment les *constellations*. Les premières cartes célestes sont très anciennes; Hipparque est le premier qui les ait construites, et comme les distances relatives des étoiles n'ont pas offert de changemens sensibles depuis les premières observations, elles peuvent toujours être employées pour connaître le ciel.

Le point qui sert d'origine pour les ascensions droites en sert aussi pour le temps sidéral, c'est-à-dire que l'on compte $0^h\ 0'\ 0''$ sidérales au moment du passage au méridien.

On conçoit, d'après cela, que rien n'est plus facile que de savoir l'heure qu'il est en temps sidéral, la hauteur du pôle dans le lieu où l'on observe étant préalablement connue. Il suffit d'observer la distance zénithale d'une étoile connue, et de calculer son angle horaire, compté par exemple du méridien supérieur, et dans le sens du mouvement diurne de 0 à 360°, en ajoutant cet angle à l'ascension droite de l'étoile, et reje-

tant les circonférences entières s'il y en a. Le reste converti en temps exprimera la distance du méridien au point du ciel que l'on a pris pour origine, c'est-à-dire l'heure sidérale. (BIOT, *Astron. phys.*)

De la Terre.

Après avoir reconnu tous les phénomènes apparens que le spectacle du ciel nous a fait apercevoir, déterminé les positions que nous pouvons prendre sur le lieu que nous occupons relativement à cette voûte concave, où sont suspendus à une distance infinie tous les corps lumineux qui font le sujet de notre observation, étudié les diverses circonstances de leurs mouvemens, il faudrait, si nous voulions prolonger l'illusion qui a dû entraîner dans l'erreur les premiers observateurs, continuer à apprécier toutes les apparences des astres doués d'un mouvement propre, et après avoir recueilli tout ce qui aurait été découvert sur chacun d'eux, les diverses hypothèses proposées pour l'explication de leurs nombreux phénomènes, nous parviendrions ainsi à connaître successivement tous les faits qui composent l'astronomie. Le tableau des erreurs et des progrès de l'esprit humain se déroulerait à nos yeux, et nous atteindrions enfin

jusqu'à l'état actuel de la science, ce qui est précisément le but de nos études. Sans doute cette marche facile et naturelle, et capable de nous faire acquérir l'instruction la plus profonde, pourrait mériter la préférence; mais notre but ici, étant d'exposer le plus rapidement possible les faits généraux de la science astronomique, et de la présenter à l'état de perfection où elle est arrivée maintenant, afin d'en faire embrasser l'ensemble de la manière la plus rapide aux personnes qui ne veulent en posséder que les bases principales, elle convient beaucoup mieux aux auteurs qui doivent tracer l'histoire de l'astronomie; nous renvoyons nos lecteurs aux ouvrages qui nous ont été laissés sur cette matière par d'illustres astronomes, et nous allons passer de suite aux phénomènes que la terre nous présente.

Dimensions du Globe. Aperçu des moyens qu'on emploie pour les déterminer.

Nous avons vu précédemment que la terre avait sensiblement la figure d'une sphère; or, si l'on connaissait la longueur absolue d'un degré de cette sphère, rien ne serait plus facile que d'en déduire la circonférence de son grand cer-

cle, son diamètre, sa surface et son volume.

La recherche des dimensions du globe se réduit donc pour nous à celle de la mesure d'un degré; remarquons d'abord que les dimensions de la terre sont nulles lorsqu'on les compare à la distance infinie qui la sépare des étoiles; en effet, si un observateur placé à la surface de la terre cherche à mesurer l'angle compris entre les rayons visuels dirigés de son œil à deux étoiles quelconques, cet angle conservera la même valeur pour les mêmes étoiles en quelque point du globe qu'on se transporte pour répéter l'observation que nous supposons faite avec tout le soin qu'exige la perfection de nos instrumens; on sait cependant que l'angle, au sommet d'un triangle, augmente ou diminue selon qu'on s'approche ou qu'on s'éloigne de sa base. Or, puisque cet angle reste pour nous invariable, nous sommes autorisés à regarder la terre comme un point relativement à sa distance aux étoiles seulement, à ne point tenir compte de son rayon, à confondre son centre avec un point quelconque de sa surface. Ainsi dans la *figure* 13 *bis*, E étant la polaire, par exemple, Z C la verticale du point S, nous pouvons regarder l'angle Z S E comme égal à Z C E, et Z' S' E comme égal à

Z' C E; généralement l'angle formé en un point quelconque de la surface, par la verticale de ce point et le rayon visuel dirigé à l'étoile, est égal à l'angle au centre formé par le prolongement de cette verticale et la droite qui joint le centre à l'étoile. Prenant donc Z' S' E de 1 degré plus grand que Z S E, et regardant S S' M P comme un méridien, on aura la longueur du degré en mesurant directement la distance terrestre S S'; on en conclura la circonférence P S S' M P, en multipliant la longueur de ce degré par 360. On conçoit que rien n'empêche de prendre la distance angulaire des verticales plus grande ou plus petite que 1 degré, une simple proportion donnerait toujours la longueur du degré et par conséquent la circonférence du méridien. Voyons comment on parvient à la longueur absolue de l'arc du méridien S S' : nous avons déjà fait concevoir comment on pouvait reconnaître la direction de ce grand cercle, l'instrument des passages pourrait être employé pour en marquer la trace à la surface de la terre; car, fixant cet instrument dans le plan du méridien, on n'a qu'à en diriger la lunette vers un objet terrestre éloigné, et marquer le point qui se trouve sous le fil vertical du milieu, la projection sur la sphère

de la plus courte distance de ce point au fil vertical, serait le tracé de la méridienne.

En prenant successivement plusieurs points semblables, et en y transportant l'instrument des passages, on prolongerait la méridienne aussi loin qu'il serait nécessaire et on la mesurerait; mais cette opération peut présenter un grand nombre de difficultés, tant à cause des inégalités nombreuses qui existent à la surface du globe, qu'à cause de la multiplicité des villes.

On est obligé, dans cette circonstance, d'avoir recours aux méthodes trigonométriques (1), on établit un enchaînement de triangles qui se rapprochent le plus possible de la méridienne. On mesure avec le plus grand soin, et par des méthodes que nous n'exposerons point ici, le premier côté de cette chaîne qu'on nomme *base*, et, au moyen des angles qu'on relève avec le cercle répétiteur, on procède de triangle en

(1) La plupart de nos lecteurs n'ignorent point, sans doute, que la trigonométrie enseigne à déterminer les angles et les côtés d'un triangle, par le moyen de données qui sont, pour les triangles rectilignes, trois des six parties qui les composent dont au moins un côté, et pour les triangles tracés à la surface d'une sphère, trois parties quelconques.

triangle au calcul de tous les côtés. On vérifie l'exactitude des calculs et des observations en mesurant directement le dernier côté du réseau, comme on a mesuré la base. La mesure directe et le calcul devraient, à la rigueur, donner une même valeur, mais on sent bien qu'il est impossible d'arriver à un tel résultat. Dans la grande opération dirigée par MM. Méchain et Delambre, la première base avait été mesurée dans les environs de Melun, et la dernière auprès de Perpignan : tels furent les soins qu'ils mirent à cette opération, que la base de Perpignan calculée d'après celle de Melun, ne différait que de 10 pouces de sa véritable longueur. Quelle précision ! 10 pouces furent la résultante de toutes les erreurs commises dans les mesures des bases, dans les valeurs des angles et dans les calculs des 60 triangles qui les unissaient Le réseau bien connu dans toutes ses parties, on détermine par des observations dans quel sens la méridienne le traverse, et le calcul fournit la longueur de la méridienne. On sait que ce fut en exécutant ces opérations que les astronomes français établirent ce système de mesure dont la base, prise dans la nature, et invariable comme elle, est, sans contredit, le plus beau

monument des travaux astronomiques modernes. Ces recherches ont aussi confirmé l'aplatissement de la terre à ses pôles et son renflement à l'équateur, ainsi que Newton l'avait déjà pressenti à l'aide de ses calculs. En effet, le degré ou l'espace qu'il faut parcourir sur la terre pour que la verticale ait changé d'un degré, n'a point la même valeur à toutes les latitudes, il a été constamment trouvé d'autant plus long qu'on s'approche davantage du pôle : le degré de Suède, par exemple, surpasse celui de l'équateur d'environ 395 toises; ce qui indique un aplatissement et non un allongement, comme on l'avait pensé d'abord; car (*fig.* 14) plus un arc P A aura de convexité ou de courbure, l'angle F étant d'un degré, plus cet arc P A sera court. Si au lieu de P A on prend P D plus convexe et plus courbe que P A, la ligne D G étant parallèle à A F, et l'angle P G D d'un degré aussi-bien que P F A, cet arc P D sera plus court, quoiqu'il soit aussi d'un degré, et sa longueur absolue sera plus petite que celle du degré P A.

La mesure de cet aplatissement (1) a donné

(1) On appelle *aplatissement* le rapport de la différence des deux demi-axes au demi-grand axe ainsi

$\frac{1}{309}$, c'est-à-dire que l'arc d'un degré pris sous l'équateur est surpassé par celui du pôle d'un 309e de sa longueur. La figure de la terre, déterminée, comme nous venons de le dire, par les moyens précédens, doit être aussi considérée dans le sens de ses parallèles. Jusqu'à présent, on a regardé la terre comme un ellipsoïde de révolution; mais les observations ne sont pas assez précises sur ce sujet pour qu'on puisse établir la réalité de cette opinion. Il semblerait même que, d'après les recherches qu'ont commencées MM. Arago et Biot, elle ne serait pas tout-à-fait exacte : cependant elle s'écarte très peu de la vérité.

Les mesures précises des dimensions de la

---

le rayon de l'équateur (page suivante) étant 3271864, et le demi-petit axe 3261265, la différence 10599 divisée par le premier nombre, donne $\frac{10599}{3271864} = \frac{1}{309,67}$, ou sensiblement $\frac{1}{309}$ pour l'aplatissement. L'aplatissement déduit de la théorie lunaire diffère peu de celui-ci; il est $\frac{1}{305}$.

Cet aplatissement ne donnerait qu'une différence de 1 millimètre sur un sphéroïde dont le demi-grand axe aurait 310 millimères et le demi-petit axe 309 millimètres (11 p. 4 lig. $\frac{27}{100}$); on peut donc le négliger dans les constructions des globes destinés à la géographie.

terre, en lieues de 2280 toises, sont les suivantes :

	Lieues.		Toises.
Demi-diamètre de l'équateur..	1435	ou	3,271,864
Demi-diamètre du pôle.....	1430	ou	3,261,265
Demi-diamètre du point à 45°.	1432	ou	3,266,611
Aplatissement.....	4,65	ou	10,600
Longueur de 1° du méridien pris au milieu de l'espace qui sépare le pôle de l'équateur..	25	ou	57,000
Quart du méridien de Paris...	2250,3	ou	5,130,740

Le degré de l'arc du méridien, dont nous venons de donner la valeur, a été pris au milieu de l'espace qui sépare le pôle de l'équateur (1). Celui qui résulte de la mesure de l'arc du méridien qui traverse la France, depuis Dunkerque jusqu'à Barcelone, et qui a été prolongé jusqu'à l'île Formentera, évalué en mesures itinéraires de divers pays, donne les résultats suivans :

La lieue géographique de France est de 25 au

(1) Soit L la latitude d'un lieu, S le degré du méridien à cette latitude, on trouvera sa longueur en mètres par la relation

$$S = 111111^{m},1111 - 540^{m},848 \cos. 2L.$$

En général la longueur des degrés croît de l'équateur au pôle, proportionnellement au carré du sinus de la latitude.

degré; la lieue marine est de 20 ou de 2850 toises; chaque lieue marine vaut 3 minutes de degré terrestre; $\frac{1}{3}$ de lieue vaut un mille ou une minute de l'équateur, c'est le mille d'Angleterre et d'Italie; la lieue d'Espagne et de Hollande, le mille d'Allemagne, sont de 15; celui de Suède de 12; celui de Hongrie de 10; enfin, le werste de Russie est de 90 au degré.

Dans les dimensions que nous venons d'exposer, nous n'avons point parlé des inégalités qui existent à la surface de la terre. C'est qu'en effet, les plus hautes montagnes peuvent être considérées comme à peine sensibles, relativement à son volume considérable. Ainsi, le Mont-Blanc, la plus haute montagne d'Europe, qui a 2450 toises d'élévation verticale au-dessus de la mer; le Chimboraço, montagne du Pérou, 3351 toises de hauteur; le quatorzième pic de l'Himalaya, que l'on croyait le sommet le plus haut du globe, a de 4013 toises au-dessus du niveau de la mer; enfin, le Jawahir et le Dhawalagiri, qui sont également situés dans l'Himalaya, et dont M. de Humboldt a donné la hauteur dans un Mémoire qu'il a lu récemment à l'Académie des Sciences, et qui est pour le premier de 4026 toises, et pour le second de

4390 toises, malgré les aspérités qu'ils forment à la surface du globe la déforment si peu qu'elle peut être regardée comme infiniment plus unie que la peau d'une orange.

La surface entière du globe terrestre est de 25,790,440 lieues carrées (environ 148 milliards d'arpens, dont les trois quarts sont couverts par la mer) : à peine la moitié du reste est-elle habitée (à peu près trois millions de lieues carrées).

Pour déterminer la position d'un point sur une surface quelconque, il faut nécessairement connaître la distance de ce point à deux lignes fixes ; ces deux lignes peuvent être différemment disposées, et leur situation sur cette surface doit être invariablement fixée ; mais au lieu de donner à ces deux lignes une inclinaison quelconque, de manière à ce qu'elles forment un angle aigu ou obtus, il est beaucoup plus commode qu'il soit droit, parce qu'alors les constructions et le calcul deviennent plus faciles. Aussi, le procédé qui sert à fixer avec exactitude la position des différens points de la surface terrestre est-il absolument le même que celui que nous avons indiqué pour connaître la position des astres. En effet, il suffit de connaître le parallèle sur lequel se trouve le point qu'on veut déterminer, et sa

position sur ce parallèle pour y arriver. Ainsi soit (*fig.* 5) le point Q, dont on veut savoir la position; l'on obtiendra, par l'observation, le parallèle en mesurant sa distance Q K à l'équateur, c'est-à-dire la latitude terrestre, qui est égale, comme on sait, à la hauteur du pôle; tous les points situés sur le parallèle Q O R auront même latitude Q K. Les points de ce cercle sont les seuls qui jouissent de cette propriété. Il y a seulement dans l'autre hémisphère un cercle qui offre les mêmes circonstances; il faudra donc indiquer si la latitude est boréale ou australe.

La position du lieu sur le parallèle se trouve en calculant la distance du point Q, au méridien désigné ou premier méridien P O I P'. Par exemple, l'arc d'équateur K I qui sert à la mesurer, constitue la longitude terrestre du point Q; elle est orientale ou occidentale suivant la situation relative du lieu vers l'une ou l'autre de ces régions. Tous les points qui diffèrent en longitude comptent au même instant des heures différentes. Si, par exemple, un lieu de la terre est séparé d'un autre par un intervalle de 15° de longitude occidentale, le premier comptera midi, tandis que l'autre n'aura que onze heures

du matin. Il ne serait que dix heures, si l'angle des deux méridiens était de 30°; en général, le retard est proportionnel à cet angle. Il est donc bien facile, la différence des heures étant donnée, de connaître la différence des longitudes de deux points de la surface, et réciproquement; on réduira, dans le premier cas, les heures en minutes, que l'on ajoutera avec les minutes que l'on avait déjà, on mettra respectivement les indices de degrés, minutes de degré, secondes de degré, etc., aux minutes, secondes, tierces que l'on avait, et, prenant le quart du tout, on aura le résultat demandé. Si l'on sait, par exemple, qu'on compte au Caire $1^h\ 55'\ 54''$ de *moins* qu'à Paris, on en conclura d'abord que la longitude du Caire est orientale, et qu'elle est égale à $60' + 55' + 54'' = 115' + 54''$, qui, d'après notre règle, deviennent en degrés $\frac{115°\ 54''}{4} = 28°\ 58'\ 30''$. La longitude eût été occidentale, si l'on avait compté au Caire $1^h\ 55'\ 54''$ de *plus* qu'à Paris. Il est évident que pour réduire des degrés en temps, il faudrait faire l'opération inverse, c'est-à-dire mettre respectivement les indices de minutes de temps, secondes de temps, tierces de temps à la place des indices de degrés,

s'est avancée de $\frac{272^{\circ}\ 20'}{4} = 68^{\circ}\ 5'$ vers l'occident; telle serait la longitude cherchée.

Nous avons supposé que le chronomètre suivait exactement, malgré le transport, la marche qu'il avait au lieu du départ, c'est que réellement cette hypothèse s'éloigne peu de la vérité; en effet les progrès de l'industrie moderne ont amené cette fabrication à une perfection qu'on n'aurait point osé espérer. Ce serait dépasser les limites de cet ouvrage que d'examiner le mécanisme curieux de ces admirables instrumens; mais nous ne pouvons résister au désir de citer, à l'appui de cette assertion, ce fragment de la traduction des *Elémens de philosophie naturelle* d'Arnott : « Qu'il soit permis à l'auteur de ce « livre », dit-il page 92 du premier volume, « de « faire part au lecteur du plaisir et de la surprise « qu'il éprouva après une longue traversée de « l'Amérique du sud en Asie. Son chronomètre « de poche et ceux qui étaient à bord du navire an- « noncèrent un matin qu'une langue de terre indi- « quée sur la carte devait se trouver à cinquante « milles à l'est du navire; qu'on juge du bonheur « de l'équipage, lorsqu'une heure après, le brouil- « lard du matin ayant disparu, la vigie donna le

« cri joyeux de : *Terre, terre, en avant, à nous,*
« confirmant ainsi la prédiction des chronomètres
« à un mille près, après une distance aussi énorme.
« Il est permis, sans doute, dans un tel moment
« de rester pénétré d'une profonde admiration
« pour le génie de l'homme. Que l'on compare les
« dangers de l'ancienne navigation avec la marche
« assurée de nos navires, et qu'on nie, s'il est
« possible, les immenses avantages de l'industrie
« moderne! Si la marche du petit instrument
« avait été le moins du monde altérée pendant cet
« espace de quelques mois, sa prédiction eût été
« plus nuisible qu'utile; mais, la nuit comme le
« jour, pendant le calme comme pendant la tem-
« pête, à la chaleur comme au froid, ses pulsa-
« tions se succédaient avec une uniformité imper-
« turbable, tenant, pour ainsi dire, un compte
« exact des mouvemens du ciel et de la terre, et,
« au milieu des vagues de l'océan, qui ne retien-
« nent point de traces, il marquait toujours la si-
« tuation exacte du navire dont le salut lui était
« confié, la distance qu'il avait parcourue et celle
« qu'il avait à parcourir. »

Le méridien auquel chaque astronome rapporte ses observations est entièrement arbitraire et varie pour les différens peuples. Une ordon-

nance de Louis XIII avait établi que l'on choisirait pour point de départ celui qui passe par l'île de Fer, la plus occidentale des Canaries. Pendant long-temps les divers peuples de l'Europe se conformèrent à cette loi sage; mais peu à peu, cet usage se perdant, chaque peuple choisit pour méridien celui qui passait par leur capitale. On compte les longitudes, en Angleterre, à partir du méridien de Greenwich; en France, on prit celui qui passait par la ville de Paris.

Parallaxe et volume des astres.

Les premiers observateurs s'abandonnant entièrement aux illusions de leurs sens, sans soupçonner qu'il pouvaient être induits par eux en erreur, épuisèrent tout leur esprit d'invention pour donner l'explication des phénomènes célestes dans l'hypothèse de la rotation générale du ciel; mais peu à peu, l'observation ayant augmenté le nombre des faits à expliquer, et les résultats obtenus d'avance par le calcul s'étant trouvés fautifs par l'omission de quelques particularités dans les phénomènes célestes qui n'avaient été reconnus que plus tard, la complication de ces faits et la difficulté de leur explication

firent naître des doutes dans l'esprit de quelques philosophes anciens; et comme la combinaïson des idées pour se rendre raison des mouvemens célestes est très simple, on dut sans doute se demander si, dans la supposition du mouvement de la terre, les phénomènes célestes ne s'expliqueraient pas plus facilement. La marche rapide des comètes que l'on voit successivement s'approcher de la terre pour s'en éloigner ensuite de la même manière, l'observation que quelques corps célestes, que l'on croyait, comme les étoiles, attachés à des profondeurs égales à la concavité du ciel, venaient quelquefois se placer au-devant d'elles, et les dérobaient à nos regards pendant quelques instans, en augmentant les doutes, poussèrent les esprits à la recherche des diverses distances des astres; et la géométrie devint entre les mains des hommes de génie un moyen puissant pour y parvenir. Nous donnerons à nos lecteurs une idée de la théorie mise en usage à ce sujet, telle que M. Francœur l'a exposée dans son *Uranographie*.

« Soit S (*fig.* 6) le soleil, la lune ou une pla-
« nète; si deux spectateurs placés en O et en O′
« sous le même méridien E O O′ K observent
« cet astre à son arrivée dans ce plan, l'un le

« verra, suivant O S, et il lui paraîtra situé au « point où la sphère céleste est rencontrée par « O S prolongé; l'autre verra cet astre suivant « O′ S. Ainsi, les observateurs le jugeront en un « lieu différent du méridien céleste, et s'ils en « mesurent les distances à leurs zéniths Z et Z′, « ils auront les angles S O Z et S O′ Z′, et par « suite les supplémens S O C et S O′ C (1). D'un « autre côté, les rayons terrestres O C et O′ C « ont environ 1433 lieues de longueur. Si E est « un point de l'équateur, E O et E O′ sont les la- « titudes connues des points O et O′. La diffé- « rence de ces latitudes est donc l'arc O O′, qui « mesure l'angle O C O′.

« Il suit de là que nos deux observations simul- « tanées font connaître les angles S O C et S O′ C, et « comme on connaît en outre le nombre de degrés « de l'angle O C O′, et les côtés O C et O′ C, il « est facile de trouver les autres parties du qua- « drilatère O C O′ S. En effet, si l'on trace sur le « papier un angle égal à la différence des lati- « tudes ou à l'angle C, prenant ensuite des par-

(1) On appelle supplément d'un angle ou d'un arc, celui qu'il faudrait ajouter pour compléter une demi-circonférence ou 180°.

« ties égales O C et O′ C pour représenter le « rayon terrestre, qu'on mène les lignes O S et « O′ S, formant, avec O C et O′ C des angles « égaux à ceux qu'on a obtenus ci-dessus, le point « S où se croiseront les deux droites complétera « le quadrilatère, et sera la représentation du lieu « de l'astre. Les autres parties de cette figure se- « ront donc connues, savoir :

« 1°. Les distances O S et O′ S, aux lieux « d'observation ;

« 2°. L'angle O S O′ sous lequel un specta- « teur, placé en S, verrait la distance O O′ de ces « lieux ;

« 3°. L'angle O S C, qu'on nomme *parallaxe*, « sous lequel on voit de S le rayon terrestre O C ;

« 4°. L'angle Z C S, qui est la distance de « l'astre S au zénith, en supposant l'observateur « O placé au centre de la terre. Les dimensions « de notre globe sont nulles si on les compare à « la distance des étoiles ; mais il n'en est pas de « même du soleil, de la lune et des planètes. S « étant une étoile, on peut remplacer la distance « zénithale observée Z O S par l'angle Z C S, « dont nous avons ici la grandeur ;

« 5°. Enfin, la diagonale S C, qui est la di- « stance cherchée de l'astre au centre de la terre.

« On mesurera combien O C est contenu de fois « dans S C. On aura par suite le nombre de lieues « qui l'expriment en multipliant par 1433.

« Nous ne prétendons donner ici, dit M. Fran- « cœur, qu'une idée de la doctrine des parallaxes. « Ce procédé graphique se ressentirait trop de « l'imperfection des instrumens et des défauts « d'habileté du dessinateur, d'autant plus que, « pour faciliter les explications, nous avons beau- « coup exagéré les véritables angles dans la dis- « position de la figure. En général, la parallaxe « O S C est un si petit angle que notre construc- « tion serait impraticable ; mais nous n'avons en « vue que de faire concevoir la simple possibilité « de mesurer la distance des corps célestes, en « laissant aux géomètres le soin de la calculer « avec rigueur.

« Admettons donc qu'on ait trouvé qu'un spec- « tateur, placé dans le soleil, ne voit le rayon du « disque apparent de la terre que sous un angle « de 8″, 73. Une aussi petite parallaxe attestera « combien doit être grande la distance de ces « deux corps. Le calcul donne en effet, pour cette « distance, 24096 rayons terrestres ou envi- « ron 34 millions 500 mille lieues. Pour donner « une idée de cet immense éloignement, nous

« ferons remarquer qu'un boulet de 24, chassé « par 16 livres de poudre, parcourt au sortir du « canon 420 toises par seconde, ce qui revient « à 663 lieues par heure. Ce projectile, s'il con- « servait cette vitesse, parcourrait donc 15,900 « lieues par jour, et cependant il lui faudrait en- « viron 6 ans pour arriver au soleil.

« De la lune, un spectateur verrait le rayon de « la terre sous un angle d'environ un degré, ce « qui prouve que la lune est 400 fois plus proche « de nous que le soleil; en effet, la distance lu- « naire n'est que de 60 rayons terrestres. Si ces « trois corps avaient leurs centres en ligne droite, « comme cela arrive dans les éclipses totales, la « distance de la terre à la lune devrait être pro- « longée 400 fois plus loin pour atteindre le soleil.

« La distance et les parallaxes que nous ve- « nons de donner varient avec le lieu des astres « et celui que l'observateur occupe sur la terre; « aussi il ne faut pas prendre les nombres ci- « dessus comme absolument exacts. »

Le *diamètre apparent* d'un astre est le nombre de degrés sous lequel nous le voyons. Pour le mesurer, on se sert d'un micromètre composé de deux fils parallèles, et d'un autre vertical; on observe les momens précis où son bord vient

toucher ce fil tant à son entrée qu'à sa sortie. L'intervalle de temps écoulé entre les deux instans, traduit en degrés suivant le parallèle où l'on observe, donne le diamètre apparent. On trouve par ce moyen que le diamètre du soleil et celui de la lune sont à peu près égaux à 32′.

La propriété dont jouissent certains corps de la nature, tels que le cristal de roche, de donner une double image des objets, a fourni à Rochon un moyen très ingénieux pour obtenir la mesure rigoureuse du diamètre apparent des astres. Il consiste à introduire entre l'objectif d'une lunette et son foyer un système de deux prismes preparés convenablement, et placés de telle manière que l'un des bords de l'objet se trouve dans le prolongement de l'axe optique. Maintenant, si l'on dirige la lunette pourvue d'un semblable appareil vers une planète quelconque, son image sera doublée, et formera un certain angle plus ou moins grand, suivant qu'on sera plus ou moins éloigné du foyer; mais il y aura un point dans lequel l'appareil prismatique étant rapproché convenablement du foyer, les deux images se confondront entre elles. Alors, connaissant la distance du sommet de l'angle au foyer, la distance focale de l'instrument, on pourra con-

naître l'angle sous-tendu, et on aura le diamètre apparent de l'objet, qui sera proportionnel à la distance du sommet de l'angle au foyer, du moins si l'angle est très petit. Pour arriver plus promptement à calculer le diamètre, on a une lunette dans laquelle ce même appareil prismatique demeurant constamment, le tube qui le renferme étant fendu dans le sens de la longueur afin qu'on puisse le faire marcher à volonté, on dirige l'instrument vers un point de mire sphérique d'un diamètre connu, et placé à une ditance également connue. On détermine la distance du cristal au foyer, à l'endroit précis où les images se confondent; on choisit ensuite d'autres mires d'un diamètre différent, et en indiquant sur le tuyau de la lunette l'endroit où s'opère la coïncidence de leurs images, on obtient ainsi des graduations susceptibles de donner la mesure des objets de dimensions variables : tel est le micromètre de Rochon, dont l'usage, exempt d'inconvéniens sensibles toutes les fois que les objets n'ont pas de grossissemens très forts, a fourni à M. Arago, qui l'a modifié depuis d'une manière heureuse, le moyen d'obtenir avec la plus grande précision le diamètre apparent des corps célestes.

La parallaxe d'un astre et son diamètre appa-

rent connus, on parvient aisément à évaluer son volume; il suffit d'établir une proportion entre l'angle sous lequel les rayons des deux astres qu'on veut comparer seraient à la même distance et leurs rayons eux-mêmes; soit, par exemple, le rayon de la terre, vu du soleil sous un angle de 8″ 73, et celui du soleil, vu de la terre de 16′ ou 960″, on a cette proportion :

8″ 73 : 960″ :: rayon terrestre : rayon solaire $= \frac{96000}{873} = 109{,}97$; d'où il suit que le rayon solaire est presque 110 fois celui de la terre.

Les volumes de deux sphères sont comme les cubes de leurs rayons; le cube de 110 est de 1,331,000, donc le soleil est environ 1,300,000 fois plus gros que la terre. On trouve de même que le rayon de la lune n'est que les $\frac{4}{11}$ de celui de la terre, et que son volume n'est que la quarante-neuvième partie de celui de notre globe.

Rotation diurne de la terre.

Si les résultats que nous venons d'exposer, dus la plupart au progrès des connaissances physiques, furent inconnus aux anciens, cependant ils n'y furent point totalement étrangers, et l'on

est même quelquefois surpris de trouver une précision à laquelle on eût été loin de s'attendre, si l'on considère combien il leur fallut de patience et de réflexions pour y atteindre à l'aide de leurs méthodes grossières. Quoi qu'il en soit, on n'avait encore que des doutes sur les véritables mouvemens des corps célestes lorsque l'illustre Copernic parut, et ce fut sans contredit lui le premier qui, déplaçant la terre du centre des mouvemens célestes, l'assujettit aux lois suivies par les autres planètes, en la faisant circuler autour du soleil, et détruisit ainsi cette orgueilleuse prétention de l'homme, qui considérait le séjour où il habitait comme celui sur lequel le Créateur avait versé tous ses bienfaits, et lui avait pour ainsi dire donné la souveraineté de l'univers; étrange erreur que favorisaient encore des croyances puisées dans des sources auxquelles on forçait les esprits d'ajouter une foi aveugle. On a voulu contester à Copernic la gloire de cette immortelle découverte; on a prétendu qu'elle avait déjà été reconnue par d'anciens observateurs. On a cité Pythagore, Empédocle et autres; mais les hommes sages savent apprécier ce langage à sa juste valeur, et dédaignent cette accusation banale de plagiat, que

l'on se plaît à faire peser sur tous les hommes qui se rendent coupables d'une trop grande illustration. Les preuves nombreuses fournies par Copernic à l'appui de son opinion, la firent adopter à presque tous les astronomes qui lui succédèrent : celles dont la fortifièrent Kepler, Galilée et Newton en établirent pour toujours la vérité.

Examinons maintenant quels sont les phénomènes qui devront résulter de la rotation de la terre sur son axe. Et d'abord d'où vient que nous attribuons aux cieux le mouvement qui nous entraîne nous-mêmes? L'expérience nous offre journellement des exemples d'une semblable illusion. En effet, lorsque placés sur un bateau qui descend un fleuve, nous jetons les yeux sur le rivage, ne nous semble-t-il pas voir les coteaux, les montagnes, les arbres emportés loin de nous par un mouvement qui nous paraît d'autant plus rapide que ces objets sont plus près de nous ? Le voyageur ne croit-il pas également voir tous les objets qui se présentent à ses yeux s'enfuir derrière la voiture qui l'emporte ? et l'illusion devient pour lui d'autant plus forte que la vitesse s'accroît davantage. Ces effets, et mille autres qui leur ressemblent, sont dus à plusieurs causes dont on trouve l'explication en examinant

les sensations qui nous affectent dans de semblables circonstances. En effet, le mouvement qui nous entraîne n'étant point le résultat de l'action volontaire de nos organes, et nos rapports avec les objets voisins de nous ne changeant point, l'individu est affecté d'une manière tout-à-fait passive, et il lui est impossible de trouver en lui-même la cause du mouvement; cela est tellement vrai que, malgré la conviction intime où nous sommes que nous nous abandonnons à une illusion trompeuse, nous ne pouvons nous empêcher de croire au témoignage erroné de nos sens; ce sont ces mêmes circonstances qui se reproduisent pour l'observateur situé à la surface de la terre. Tous les objets qui l'environnent participant au mouvement qu'il éprouve lui-même sans en avoir conscience, il ne peut point l'observer; il se persuade qu'il est en repos, il attribue un mouvement en sens contraire du mouvement réel aux choses avec lesquelles ses relations changent; ceci nous explique pourquoi nous considérons le cours des astres comme s'exécutant d'orient en occident, tandis que, réellement, il se fait d'occident en orient. L'observateur, accompagnant le globe dans sa rotation, voit successivement les astres dont il s'approche de plus en plus

s'élever sur son horizon; ils doivent au contraire lui paraître s'abaisser à mesure qu'il s'en éloigne, et enfin se cacher à sa vue à cause de la figure arrondie de notre planète, dont l'opacité empêche la transmission des rayons lumineux à l'œil de l'observateur.

Avant de passer aux preuves directes et sans réplique du mouvement de la terre, preuves que nous tirerons des lois de l'attraction, des phénomènes connus sous le nom de stations et de rétrogradations des planètes, de l'aberration enfin, jetons un coup d'œil sur les conséquences auxquelles conduirait son immobilité dans l'espace. Nous avons reconnu précédemment que le soleil était 1,300,000 fois plus gros que la terre, et à une distance de 35,000,000 lieues; il faudrait donc pour que cet astre pût accomplir en vingt-quatre heures sa révolution diurne, qu'il parcourût 2,500 lieues par seconde. Ce ne serait rien encore en comparaison des étoiles qui n'ont pas de parallaxe sensible, et dont on ne peut, par conséquent, apprécier ni la distance ni le volume. Elles devraient, en une seconde, parcourir des millions de lieues : comment oserait-on concevoir une vitesse aussi immense? Si, au contraire, nous admettons la réalité de la rotation

du globe, sa vitesse, bien qu'encore très considérable, ne nous offre rien d'aussi extraordinaire; en effet, les différens points de l'équateur, qui est le plus grand cercle de la terre, ne font que 9,000 lieues en 24 heures; ce qui donne 238 toises par seconde.

Puis comment raisonnablement penser que les astres, répandus en si grand nombre dans la voûte céleste, disséminés dans l'espace à des distances si différentes, de volumes, de masses également si variables, accomplissent leur révolution diurne rigoureusement dans le même temps? Et quelles autres probabilités ne pourrait-on pas alléguer contre une semblable hypothèse, si l'on voulait rechercher minutieusement toutes celles qui se présenteraient contre elle?

Ce que nous venons de dire suffira sans doute pour faire admettre au moins la très grande probabilité du mouvement de la terre; les preuves dont nous l'appuierons plus tard dissiperont tous les doutes à cet égard, ceux du moins qui ne tiennent point à des croyances religieuses; nous ne pouvons opposer à ceux-ci que le passage suivant de Gassendi. « Dieu s'est manifesté « lui-même par deux lumières, l'une celle de la « révélation, l'autre celle de la démonstration;

« les interprètes de la première sont les théolo-
« giens, ceux de la seconde les mathématiciens.
« Ce sont les derniers qu'il faut consulter sur les
« matières dont la connaissance est soumise à l'es-
« prit, comme, sur les points de foi, on doit con-
« sulter les premiers; et comme on reprocherait
« aux mathématiciens de s'éloigner de ce qui est
« de leur ressort, s'ils prétendaient révoquer en
« doute, ou rejeter les articles de foi en vertu
« de quelques raisonnemens géométriques; aussi
« doit-on convenir que les théologiens ne s'é-
« cartent pas moins des limites qui leur sont mar-
« quées, quand ils se hasardent à prononcer sur
« quelques points des sciences au-dessus de la
« portée de ceux qui ne sont pas versés dans la
« géométrie, en se fondant seulement sur quel-
« ques passages de l'Ecriture sainte, laquelle n'a
« prétendu nous rien apprendre là-dessus. »

Les résultats que nous avons obtenus précédemment, en examinant les phénomènes célestes de la surface de la terre, considérée comme immobile, devront donc être rapportés à son mouvement de rotation. Nous venons d'expliquer comment se produisent le lever et le coucher apparens des astres et des autres corps célestes : il ne sera donc pas difficile de se rendre

compte des autres circonstances qui se sont offertes à nous en parlant du mouvement diurne.

Nous allons maintenant nous occuper de quelques faits qu'il nous est important de connaître, et qui reposent également sur le système auquel nous nous arrêterons désormais.

Puisque la terre tourne, elle doit, comme tous les corps qui obéissent à un semblable mouvement être douée d'une force centrifuge, qui, d'après l'expérience et le calcul, croît comme les carrés des vitesses de circulation. L'équateur étant le plus grand cercle de la sphère terrestre, la force centrifuge devra y être la plus considérable; elle sera, au contraire, nulle sous le pôle; et comme la force centrifuge varie avec les distances au centre du globe, il s'ensuit que la force d'attraction agira sur les différens corps qui sont à sa surface avec une intensité variable. Pour se convaincre de cette vérité, il suffit de promener un pendule de l'équateur aux pôles, et comme le nombre des oscillations augmente avec l'intensité de la pesanteur, on a un moyen très simple de mesurer la force d'attraction. Mais il y a deux choses à considérer dans la différence des résultats qu'il fournit à cet égard : c'est, d'un côté, l'éloignement des corps du centre d'attraction à

l'équateur, et en même temps l'augmentation de la force centrifuge. Ces deux effets concourent tous les deux à diminuer le poids des corps situés dans la région équatoriale. (1)

On s'est accordé jusqu'à présent à regarder cette diminution comme de $\frac{1}{289}$, c'est-à-dire que les corps perdent à l'équateur le 289e du poids qu'ils ont au pôle, et comme 289 est précisément le carré de 17, il s'ensuit que si la rotation de la terre augmentait tout à coup de dix-sept fois, la force centrifuge, croissant comme le carré des vitesses, les corps cesseraient de peser à l'équateur; cependant, les travaux de M. Freycinet, qui a entrepris un voyage autour du monde afin d'étudier les divers effets de la pesanteur dans les différens lieux de la terre, ne confirment point cette évaluation; ce célèbre voyageur vient de lire à l'Académie des Sciences un mémoire où il a émis les conclusions suivantes :

1°. L'aplatissement vers les pôles est réellement plus grand que ne le donnent les calculs fondés sur la théorie, puisque cette dernière ne

(1) La longueur du pendule est proportionnelle au carré du sinus de la latitude.

donne que $\frac{1}{285}$ pour différence entre les diamètres de la terre à l'équateur et aux pôles, tandis que l'expérience a constamment donné $\frac{1}{282}$.

2°. L'aplatissement dans l'hémisphère sud ne diffère pas de celui qui existe dans l'hémisphère du nord.

3°. La terre n'est point un sphéroïde de révolution, puisqu'on trouve dans les mouvemens du pendule des différences très notables; d'où il suit nécessairement qu'il existe des irrégularités très sensibles dans la figure du globe.

4°. Que les irrégularités dont l'existence est prouvée d'une manière incontestable ne peuvent être appréciées exactement.

Ces recherches récentes rectifient, comme il est facile de le voir, plusieurs des opinions que nous avions émises plus haut.

La rotation de la terre a exercé aussi son influence sur sa constitution intime. Imaginons, en effet, un tube composé de deux branches, l'une dirigée dans le sens de l'axe de rotation, l'autre dans celui du rayon équatorial qu'elle représente; si on remplit de liquide le siphon ouvert à ses deux extrémités, et qu'on le soumette à l'action d'une force centrifuge s'exerçant comme sur la terre, la colonne polaire, obéissant à l'ac-

tion seule de la gravité, tandis que la colonne équatoriale sera soumise en outre à la force centrifuge; pour que l'équilibre s'établisse dans les deux branches du siphon, celui de la colonne polaire devra baisser d'une quantité suffisante pour compenser la diminution de pesanteur de la colonne équatoriale; or, les physiciens admettent assez généralement maintenant, pour l'explication de la sphéricité de la terre, qu'elle a dû être pendant un certain temps d'une consistance différente de celle où elle est actuellement. Il ne serait donc pas étonnant que l'effet dont nous venons de parler ait eu lieu, et que par suite la densité des diverses couches de la terre soit devenue différente. En effet, les mathématiciens ont prouvé qu'en considérant la densité du globe comme s'accroissant de la surface au centre, on arrivait à des résultats qui expliquaient la différence de pesanteur des corps dans les divers lieux de la terre.

Le mouvement de rotation de la terre donne lieu à un effet très remarquable sur lequel nous devons nous arrêter un moment. Lorsqu'on abandonne un corps à l'action de la gravité, il tombe sensiblement suivant une direction verticale, si le point de départ n'est pas fort élevé au-dessus

de la surface terrestre; mais si ce corps était porté au sommet d'un édifice très élevé, n'est-il pas évident que sa vitesse de rotation augmenterait à mesure qu'on s'élèverait dans l'édifice, puisque les parties de l'espace où il serait successivement situé seraient de plus en plus éloignées de l'axe de rotation? Il aurait donc acquis au sommet une vitesse horizontale plus grande que celle de la base de l'édifice. Or, cette vitesse d'occident en orient, c'est-à-dire dans le sens du mouvement de la terre, il la conserve lorsqu'on l'abandonne ensuite à lui-même, et soumis alors à l'action de deux forces, il suit leur résultante et arrive à la terre en déviant vers l'orient. L'expérience a démontré cette vérité d'une manière convaincante: qu'on transporte en effet un corps à 200 pieds de la surface de la terre, et un autre corps seulement à 50, quoique les distances soient peu considérables relativement à l'étendue du diamètre de la terre, on trouvera que le premier s'est écarté de la verticale et s'est avancé vers l'orient de 3 à 4 lignes, tandis que l'autre sera descendu par une ligne sensiblement verticale.

Le dernier effet qui résulte du mouvement de la terre sur son axe est le déplacement de l'air

atmosphérique qui l'environne, d'où résultent les *vents alisés*.

« Si le globe terrestre était en repos, et que le « soleil dirigeât toujours ses rayons sur la même « surface, la température de la colonne atmo- « sphérique située au-dessus d'elle s'élèverait « à un haut degré, et toutes les couches de cette « colonne monteraient successivement comme « l'huile à la surface de l'eau, ou comme la fu- « mée au-dessus d'un foyer fortement échauffé, « tandis que des courans d'air ou des vents se di- « rigeraient constamment de toutes les parties in- « férieures vers cette surface centrale. Mais la « terre est continuellement en mouvement sur « elle-même et autour du soleil; la région « moyenne, la ceinture ou zone équatoriale peut « donc être assimilée à la surface de l'hypothèse « précédente; elle est le lieu sur lequel le soleil, « depuis l'origine des temps, promène constam- « ment ses rayons; il doit donc y avoir constam- « ment, il y a donc toujours eu des courans « vers cette zone, les uns dirigés de la partie « australe, les autres de la partie boréale. Telle « est la cause de ces vents du *commerce* ou vents « *alisés*, sur l'influence desquels les marins comp- « tent aussi sûrement que sur le retour périodi-

« que du soleil, dans la plupart des situations « comprises entre les trentièmes degrés de lati- « tude boréale ou australe.

« Ces vents, toutefois, ne paraissent point ra- « ser la surface terrestre dans la direction des « méridiens, c'est-à-dire ne paraissent point « souffler directement du nord et du sud, comme « cela a lieu très réellement : cela tient au mou- « vement de rotation de la terre sur son axe ; « mouvement qui, en s'opérant de l'ouest à l'est, « donne aux vents du nord l'apparence d'un vent « qui vient droit du nord-est, et au vent du sud « celle d'un vent du sud-est. Ces apparences peu- « vent assez facilement se comprendre par les « faits suivans : Lorsque l'atmosphère est par- « faitement calme, et qu'on est lancé au galop « dans une plaine, il semble que le vent vous « souffle avec une grande force dans la face. Si « l'on galope vers l'est, et que le vent souffle « directement du nord ou du sud, la double sen- « sation qu'on éprouve se compose en une sen- « sation résultante, et dans le premier cas le « vent paraît souffler du nord-est, tandis que « dans le second il semble venir du sud-est. Au- « tre exemple : Faites tourner une sphère sur un « axe vertical, et laissez rouler du pôle supé-

« se précipite vers l'équateur pour remplir le « vide qui s'y forme, et donne ainsi naissance « aux vents alisés, celui que l'action permanente « du soleil a dilaté et élevé doit nécessairement « former dans les régions supérieures de l'atmo- « sphère un contre-courant qui va distribuer sa « chaleur en se dirigeant en sens inverse du pre- « mier : c'est ce qui a lieu en effet, et l'existence « de ce phénomène, prévue d'abord par le rai- « sonnement, a été prouvée depuis par l'obser- « vation. Ainsi, l'on a reconnu que le sommet du « pic de Ténériffe était constamment exposé à « un vent violent, soufflant dans une direction « contraire à celle des vents alisés qui soulèvent « à ses pieds la surface de l'Océan. Ainsi, dans « l'année 1812, la poussière volcanique lancée « de l'île de Saint-Vincent passa en nuages « épais au-dessus de la Barbade, au grand éton- « nement de ses habitans, et alla tomber à plus « de cent milles de distance, après avoir par- « couru ce trajet en sens inverse des vents vio- « lens auxquels les vaisseaux ne peuvent se sou- « straire que par un long détour. Ainsi, dans le « passage du cap de Bonne-Espérance à Sainte- « Hélène, la lumière du soleil est souvent éclip- « sée pendant plusieurs jours par une masse de

« nuages épais, qui se dirige vers le sud, à une « grande hauteur dans l'atmosphère. Ces nuages « ne sont autre chose que la vapeur d'eau qui « s'est élevée sous l'équateur, avec l'air échauffé, « et qui se condense de nouveau en se rappro- « chant des régions plus froides de l'hémisphère « austral.

« En dehors des tropiques, où l'influence so- « laire est beaucoup moins grande, les vents « sont occasionnellement soumis à d'autres cau- « ses, que malheureusement on ne connaît point « encore parfaitement. Beaucoup moins réguliers « dans les climats tempérés, on les appelle *vents* « *variables*; cependant on peut regarder comme « une règle générale, et qui s'applique à ceux-ci « aussi-bien qu'à ceux-là, ce que nous avons dit « des vents alisés, notamment : que l'air en se « mouvant des pôles austral ou boréal, où il « était en repos, vers les régions équatoriales, « doit produire les effets d'un vent d'*est* ou d'un « vent dirigé en sens inverse du mouvement « diurne, jusqu'à ce qu'il ait acquis la vitesse de « la zone au-dessus de laquelle il souffle; et ré- « ciproquement, que l'air échauffé dans les ré- « gions équatoriales, et élevé vers les parties su- « périeures de l'atmosphère, où il avait à peu

« près acquis une vitesse correspondante, doit, « en retombant vers les pôles avec cet excès de « vitesse de l'ouest à l'est, frapper les corps dans « le même sens.

« Ces vents de l'ouest, dans un grand nombre « de situations en dehors des tropiques, sont « presque aussi réguliers que les vents de l'est « dans la zone intertropicale ; ils n'auraient pas « moins de droit que ceux-ci au nom de *vents du* « *commerce*, tant ils abrégent la durée du pas- « sage de New-York à Liverpool, comparée à « celle du passage inverse, c'est-à-dire de Liver- « pool à New-York. Ainsi, dans l'hémisphère bo- « réal, le vent nord-vrai produit l'effet d'un vent « du nord-est, et le vent sud-vrai devient un « vent du sud-ouest, L'Angleterre est exposée à « ces deux vents pendant trois cents jours de « chaque année. On conçoit que les phénomènes « doivent être inverses dans l'hémisphère aus- « tral. » (ARNOTT, *Élémens de philosophie na- turelle.*)

Mouvement annuel de la terre.

Outre le mouvement diurne que nous venons de reconnaître, la terre en possède encore un autre qui l'entraîne dans une orbite elliptique

autour du soleil, centre de notre système planétaire. Nous suivrons encore, pour arriver à sa connaissance, les apparences que nos sens nous font apercevoir.

De tous temps les peuples ont été frappés de l'éloignement et du rapprochement alternatif du soleil et des variations de sa hauteur suivant les saisons : si, en effet, on observe chaque jour l'ascension droite et la déclinaison de cet astre, on voit qu'elles ne sont jamais les mêmes; si l'on compare sa marche à celle d'une étoile quelconque, on voit que, relativement à l'astre, il s'avance d'environ 1° vers l'orient; or 1°, ainsi que nous l'avons vu, répond à 4′ de temps, il arrive donc 4′ plus tard dans le plan du méridien que l'astre pris pour terme de comparaison; ces 4′ s'accumulant, il en résulte qu'après 90 jours, la distance à la même étoile sera de 90° ou de six heures environ; après 180 jours l'étoile et le soleil seront dans le plan du méridien; mais celui-ci passera, par exemple, au méridien inférieur, tandis que le premier sera au méridien supérieur; enfin, après 365 jours $\frac{1}{4}$, c'est-à-dire une année, les deux astres se retrouveront, en même temps, dans le plan du même méridien, l'étoile ayant passé par ce plan une

fois de plus que le soleil, et les mêmes changemens de relation se renouvelleront l'année suivante. Si l'on a eu soin de tracer chaque jour sur une sphère les divers points auxquels se trouvait le soleil à une même heure, on aura ainsi une ligne courbe qui sera la trace des mouvemens qu'il aura exécutés pendant une année entière.

L'observation a appris que cette courbe, à laquelle on a donné le nom d'*écliptique*, parce que la lune se trouve toujours dans son plan, ou près de son plan; lorsqu'elle est éclipsée, passait par le centre de la terre; sa direction est oblique à l'équateur, et l'angle qu'elle fait avec ce grand cercle est égal à 23° 28'. Cet angle constitue l'*obliquité de l'écliptique*; il a pour complément la distance du point le plus élevé de cette courbe au pôle, et qui est égale à 66° 32'. Le grand cercle de la sphère céleste qui correspond à la trace de l'écliptique sur la terre a reçu également ce même nom. Nous avons déjà vu, page 30, que la position des astres ou des différens points du ciel se rapportaient, soit à l'horizon et au méridien, qui sont fixes pour chaque lieu terrestre, soit à l'équateur céleste et à un cercle horaire désigné, ce qui constituait la méthode des déclinaisons et des ascensions droites.

Or, une troisième méthode, que nous ne pouvions alors faire connaître, est d'un usage continuel en astronomie. Une grande partie des phénomènes célestes relatifs à notre système planétaire se passent sur le plan de l'écliptique; il était donc nécessaire d'y rapporter aussi les astres. Pour cela, on conçoit par chaque point du ciel un grand cercle perpendiculaire au plan de l'écliptique; c'est ce que l'on nomme le cercle de latitude. Alors la position d'un astre se détermine par deux élémens: le premier est l'arc de grand cercle, compris entre l'écliptique et l'astre, cet arc s'appelle la latitude de l'astre; le second est l'arc de l'écliptique, compris depuis l'équinoxe du printemps jusqu'au cercle de latitude; cet arc se compte, comme l'ascension droite, d'occident en orient, dans le sens du mouvement propre du soleil, et on le nomme la *longitude* de l'astre. On n'observe pas immédiatement la longitude et la latitude des astres, mais on les déduit par des calculs trigonométriques de l'ascension droite et de la déclinaison.

Les différentes positions du soleil sur les divers points de l'écliptique expliquent la différence des saisons et de la longueur des jours. Lorsqu'il est dans le plan de l'équateur, il le décrit en vingt-

quatre heures; mais à mesure qu'il s'éloigne de ce plan, et qu'il monte, par exemple, dans l'hémisphère boréal, il décrit une série de parallèles qui vont chaque jour en diminuant jusqu'à ce qu'il soit arrivé à sa plus grande hauteur au-dessus de l'équateur, qui est, comme nous l'avons dit plus haut, de 23° 28′. Le parallèle qu'il décrit a reçu le nom de *tropique*, du mot τροπὴ, qui veut dire *retour*, parce qu'une fois sa révolution autour de lui accomplie, il commence à retourner en descendant vers l'équateur, le dépasse, et, parvenu au point le plus bas au-dessous de ce plan dans l'hémisphère opposé, il revient ensuite de nouveau vers l'équateur, en reproduisant ainsi chaque année les circonstances de l'année précédente. Il est évident qu'à cause du mouvement continuel du soleil dans l'écliptique, les parallèles qu'il décrit chaque jour ne sont pas de vrais cercles, mais des espèces de spirales telles que seraient les courbes formées par un fil dont on entourerait une sphère.

Soit (*fig.* 7) E E′ l'équateur, g G′ les points les plus élevés de l'écliptique auxquels on donne le nom de *solstices*, parce que le soleil semble s'arrêter en cet endroit, les parallèles gg′ GG′ seront

les cercles dits *tropiques*. Lorsque le soleil sera à l'un ou à l'autre solstice, les nations qui en sont voisines seront en *été*; elles seront, au contraire, en *hiver* lorsqu'elles en seront le plus éloignées. De même, pour les jours, le plus long sera celui pendant lequel le soleil sera au *solstice d'été*; le plus court sera, au contraire, celui où il atteindra le *solstice d'hiver*.

L'époque des *équinoxes*, pendant laquelle les jours et les nuits sont égaux, a lieu toutes les fois que le soleil vient se placer dans le plan de l'équateur : cette rencontre arrive deux fois par an, et détermine pour nous le printemps lorsque le soleil monte vers l'hémisphère boréal; et l'automne, lorsqu'il redescend dans celui qui est opposé.

Telles sont les diverses apparences que le soleil nous présente successivement pendant le trajet qu'il accomplit pour revenir au point d'où il était parti, et qui forme ce que l'on appelle *une année*. Mais devons-nous pour cela attribuer au soleil lui-même les mouvemens que nous avons reconnus? Nous nous sommes déjà convaincus qu'il ne fallait pas toujours se fier au témoignage des sens; et d'ailleurs, si nous raisonnons d'après les principes que nous avons

employés au sujet de la rotation de la terre sur elle-même, nous serons bientôt persuadés que ce serait hasarder une supposition trop peu probable que de regarder comme réel un mouvement apparent. Il faudrait en effet que le soleil fût animé d'une vitesse si effrayante, qu'il est beaucoup plus simple de penser que la terre elle-même parcourt l'orbite dont nous avons parlé plus haut; et le calcul donne à peu près pour son mouvement de translation 410 lieues pour l'espace décrit pendant une minute, ce qui revient à six lieues trois quarts par seconde. Cette vitesse n'a rien qui doive surprendre; car plus tard l'observation des phénomènes que présentent les planètes nous en fournira de semblables, nous verrons également que, semblables à notre globe pour la forme, elles sont douées comme lui d'un double mouvement de translation dans l'espace et de rotation sur leur axe.

Le temps que la terre met à parcourir la circonférence de l'écliptique d'occident en orient est de 365 jours $\frac{1}{4}$; elle accomplit pendant ce temps 365 révolutions $\frac{1}{4}$ sur son axe. Celui-ci demeure constamment parallèle à celui du monde, et fait avec l'écliptique un angle constant de 66° 32′.

Si l'on considère (*fig.* 6) l'arc O O′ comme un arc d'écliptique décrit par le centre de la terre, C étant le centre du soleil, on pourra réduire l'astre S qui paraît être en I′ pour l'observateur placé en O au point Q, où cet astre serait vu du centre C du soleil. O S C, ou l'angle sous lequel de S on verrait le rayon de l'écliptique, se nomme la parallaxe annuelle ou de l'orbe terrestre. Lorsqu'on possède d'une manière très exacte la connaissance de cette parallaxe, on obtient ainsi une base bien plus étendue que celle du rayon terrestre, parce qu'alors, connaissant le rayon de l'écliptique, on le prend pour unité. C'est à l'aide de ce procédé qu'on a calculé les distances précises des planètes au soleil.

Le demi-diamètre de l'écliptique a environ 35 millions de lieues; il est tellement petit par rapport à la distance infinie des étoiles, qu'en le considérant comme la base d'un triangle dont le sommet serait à l'astre, cet angle ou parallaxe est inappréciable, même pour les étoiles qui semblent, à raison de l'éclat de leur lumière, être le plus rapprochées de nous, telles que Sirius et la Lyre; et ce qui ajoute encore à l'étonnement, c'est que, à l'aide de cette méthode,

on est sûr de déterminer avec exactitude un angle d'au moins 2″. On conclut de là que Sirius doit être au moins à 3,566 milliards de lieues de nous. Que doit-il donc en être pour les étoiles qui sont à peine visibles? Si l'on suppose le spectateur placé dans Sirius, l'angle sous lequel il verrait le soleil serait tout au plus d'un centième de seconde; l'orbe terrestre serait vu sous un angle d'à peine 4″, et l'épaisseur d'une soie suffirait pour cacher notre système planétaire entier, quoiqu'il soit vingt fois plus long que l'écliptique.

Des saisons et des jours dans les divers lieux de la terre.

Les saisons, que nous avons considérées précédemment comme le résultat des déplacemens du soleil dans une courbe dont le plan passait par le centre de la terre, trouvent leur cause dans l'inclinaison constante de l'axe de la terre sur le plan de l'orbe annuel. Soit T (*fig.* 8) la terre, S T le rayon qui joint le centre du soleil et celui de la terre, et qu'on appelle *rayon vecteur*, celui-ci rencontrera la surface terrestre en A. Tous les habitans situés dans ce parallèle auront successivement le soleil au zénith, et recevront verticalement les rayons lumineux qui en

émanent à mesure qu'ils seront amenés à ce point par l'effet de la rotation diurne : les habitans qui occupent cette région auront alors l'été. Si le point A est le solstice de cette saison, le parallèle décrit par la rotation de la terre sera le tropique boréal ou du cancer, et, dans cette situation de la terre, le plan P T S est perpendiculaire à celui de l'écliptique. Si maintenant, par l'effet de son mouvement de translation, la terre est parvenue à un point directement opposé en T', le rayon vecteur passant alors par le point A', le parallèle A'B', qui, dans le cas précédent, recevait les rayons les plus obliques, les recevra à son tour verticalement, et les peuples de cette région auront à leur tour l'été, tandis que ceux du tropique du cancer seront en hiver. Le parallèle A'B', situé dans l'hémisphère austral, se nomme *tropique du capricorne;* il est, comme le précédent, le parallèle le plus éloigné auquel le soleil semble atteindre lorsque nous croyons le voir décrire autour de la terre l'orbite de l'écliptique. Le plan déterminé par la rencontre du rayon vecteur et de l'axe est encore perpendiculaire à l'écliptique comme dans le premier cas; mais l'angle S T P sous lequel se rencontrent l'axe de la terre et le rayon vecteur,

qui dans la première situation était aigu, est devenu (S′ T′ P′) obtus en croissant à mesure que la terre procédait de T vers T′ ; dans la situation intermédiaire *a′*, il était droit ; de T′ il va décroissant sans cesse pour reprendre l'amplitude qu'il avait en T en passant par *a* où il est droit ; on peut résumer en peu de mots ce que nous venons d'expliquer.

	Angle des plans.	Angle formé par l'axe et le rayon vecteur.
Été, pour notre hémisphère...	Droit.....	Aigu.
Automne.....	Aigu.....	Droit.
Hiver.....	Droit.....	Obtus.
Printemps.....	Aigu.....	Droit.

C'est lorsque le rayon vecteur est perpendiculaire à l'axe terrestre aux points *t* et *t′* que le soleil, paraissant décrire l'équateur, on a pour toute la terre le jour égal à la nuit ; on est alors aux équinoxes, qui ont lieu deux fois dans l'année, au printemps et à l'automne.

Les espaces terrestres compris entre les tropiques ont reçu le nom de *zone torride*, parce que le soleil étant presque toujours à plomb, la chaleur y est excessive.

Les géographes ont encore distingué sur la terre deux autres petits cercles qui ont leurs analogues dans la sphère céleste : ce sont les *cercles*

polaires, dont l'un est boréal ou arctique, et l'autre austral ou antarctique. Les régions comprises entre ces cercles et les pôles forment les *zones glaciales*. Les pays intermédiaires entre les tropiques et les cercles polaires sont situés dans les zones dites *tempérées*.

Les habitans de l'équateur ayant les pôles terrestres dans leur horizon, tous les parallèles célestes, parcourus en apparence par les astres, sont perpendiculaires à l'axe de rotation, et partagés en deux parties égales; les jours sont constamment égaux aux nuits; le soleil passe deux fois l'an au zénith, et il n'y a à proprement parler, dans ces régions, que deux hivers et deux étés; les chaleurs excessives et les pluies abondantes rendent cette dernière saison la plus désagréable. Cependant il paraîtrait, d'après les observations récentes recueillies par ces intrépides voyageurs qui depuis quelques années parcourent l'intérieur de l'Afrique, et y ont fait des découvertes si intéressantes, que les zones torrides ne sont pas exemptes d'un froid même très considérable. Leurs relations nous apprennent qu'il causa, par sa rigueur, la perte d'un de leurs jeunes compagnons.

On conçoit facilement, d'après ce que nous

avons dit plus haut en parlant des différentes positions de l'observateur sur la sphère terrestre, que plus le soleil s'éloignera de l'équateur, plus les jours acquerront de longueur en été et de brièveté en hiver. Enfin, lorsqu'il commencera à entrer dans l'un ou l'autre hémisphère, leurs régions polaires seront éclairées pendant six mois consécutifs, et ce sera le contraire lorsqu'il le quittera; elles resteront, pendant le même espace de temps, plongées dans une obscurité profonde. Il n'y a, à bien dire, aux pôles qu'un seul jour et qu'une seule nuit de même durée. Les observateurs ont cependant signalé plusieurs causes, qui, quoique rares, peuvent diminuer un peu l'horreur d'une obscurité aussi longue. En effet, par la constitution de l'atmosphère qui environne les régions polaires, les moindres rayons lumineux sont réfractés (1) avec une intensité plus considérable que partout ailleurs; il suffit, en outre, que la moindre portion du disque solaire paraisse à l'horizon pour que le jour se répande aussitôt. Ainsi, lorsque le so-

(1) On appelle réfraction le détour ou changement de direction qu'éprouvent les rayons des corps lumineux en traversant obliquement des milieux différens.

leil est abaissé au-dessous de ce plan d'une quantité égale à peu près à son demi-diamètre, les régions polaires sont encore éclairées. Le décroissement très rapide de la densité de l'air à de petites hauteurs, à cause de la congélation habituelle de la surface du sol, est encore une cause qui doit tendre à produire des réfractions extraordinaires; c'est ce que semblerait confirmer la relation suivante de trois Hollandais. Étant parvenus au 84e degré de latitude boréale, et s'étant trouvés pris par les glaces, ils furent obligés de passer l'hiver dans la Nouvelle-Zemble. Après trois mois d'une nuit continuelle, le froid étant devenu extrêmement rigoureux, le soleil parut un instant à midi sur l'horizon, quatorze jours plus tôt qu'ils ne l'attendaient à cette latitude, et il continua, depuis cette époque, à s'élever de plus en plus. Si cette relation est véritable, la réfraction qui a dû se produire a été pour le moins égale à 4°, ce qui est énorme.

On sait aussi que les nuits profondes de ces pays sont fréquemment interrompues par certaines clartés qui se produisent instantanément dans le ciel, et que l'on nomme aurores boréales.

Des deux hémisphères, le boréal paraît être le moins froid : la glace qui environne son pôle arc-

tique ne s'étend que jusqu'à 10° de distance en latitude, tandis que celle du pôle antarctique se prolonge à plus de 20°. Il s'en détache d'énormes glaçons qui voyagent jusqu'au 65° et même au 55° degré, ce qui répond à peu près à la latitude de Boulogne et d'Abbeville, et le froid le plus rigoureux règne dans des pays dont la latitude est à peu près celle de la France : telle est la terre de Feu, qui, placée à l'extrémité de l'Amérique méridionale, est couverte de neiges éternelles.

De la température de la terre.

Un des travaux les plus curieux du siècle dans lequel nous vivons, et dont l'exécution est due à M. de Humboldt, est la recherche des lois qui semblent exister dans la distribution de tous les êtres organisés sur la surface de la terre. Le célèbre voyageur que nous venons de citer, en mesurant les élévations des divers lieux de la terre et des montagnes les plus hautes, relativement au niveau de la mer, et en comparant toutes ces mesures entre elles, a établi ainsi, d'une manière générale, les localités où les plantes semblaient se plaire : c'est ainsi qu'il a trouvé que les quinquinas ne se rencontraient que dans une

zone dont il a déterminé l'élévation. Les mêmes lois peuvent s'appliquer aux animaux, dont l'organisation, beaucoup plus parfaite, et les rapports immédiats avec les causes physiques, semblaient devoir les en écarter : c'est ainsi que dans l'Amérique méridionale les observateurs ont signalé, à ce qu'il paraît, sur le parallèle correspondant à la Nouvelle-Hollande, des animaux dont l'organisation présente des analogies très remarquables avec les échidnés qui existent dans ce dernier pays, et qui sont, sans contredit, des animaux dont l'organisation bizarre mérite particulièrement l'attention des zoologistes les plus distingués. Il semblerait donc, d'après ces observations, que telles combinaisons d'organes, dans l'un comme dans l'autre règne, ne pourraient se reproduire que dans des lieux déterminés. Ces résultats si curieux ont conduit les physiciens à rechercher la cause de ces phénomènes, et ils ont regardé la différence de température dans les diverses régions de la terre comme la cause la plus probable de leur production, et en même temps comme la plus importante.

Mais d'où vient cette température de notre globe ? Est-ce le soleil qui la développe ? Quelques philosophes ont été de cet avis, et ils se

sont appuyés sur la régularité constante qu'on observe dans les phénomènes de l'univers. Quelques faits cependant semblent indiquer que l'action prolongée du soleil n'est pas la seule cause de la chaleur du globe; c'est un résultat de l'expérience qu'au fond des puits de cent pieds de profondeur la température demeure uniforme et invariable. On sait aussi que les glaces qui couvrent le sommet de certaines montagnes se fondent continuellement à leur base, et fournissent des courans d'eau vive qui se montrent même pendant l'hiver. La terre serait donc douée d'une chaleur particulière indépendante de celle que lui envoie le soleil. Quelques auteurs, en examinant les faits précédens, ont pensé en effet qu'à une époque très reculée la terre était dans un état d'incandescence, que peu à peu la surface s'était refroidie et était parvenue à la température actuelle, et que le centre avait conservé une plus grande chaleur, qu'ils ont nommée *chaleur centrale*, et qui produisait les effets que nous avons cités. Sans discuter la validité de l'hypothèse de l'embrasement de la terre, nous dirons qu'il est extrêmement probable qu'elle possède par elle-même une chaleur qui est susceptible de varier d'après des causes qui ne nous sont pas

encore bien connues. En effet, depuis que Galvani et Volta, par leurs immortelles découvertes, nous ont démontré qu'il ne pouvait exister deux corps de nature différente sans qu'il y eût développement d'électricité et de chaleur, qui pourrait penser que la terre, dans la composition de laquelle entre une multitude de corps très différens, et étant parcourue par conséquent par des courans électriques incessamment actifs, n'est pas susceptible de posséder une chaleur propre? Cependant c'est avec raison que chacun regarde le soleil comme la source principale de la chaleur terrestre : celle-ci se dissipe insensiblement en rayonnant dans l'espace, et d'autant plus rapidement que la température s'élève davantage ; et comme il y a un certain équilibre entre la chaleur qui vient annuellement du soleil et celle qui se dissipe dans le même temps, la température de la terre doit paraître constante et durable. Tous les lieux du globe ne recevant pas la même quantité de chaleur, en raison de leur situation différente et de l'obliquité sous laquelle arrivent les rayons solaires, la température doit être variable pour chacun d'eux. Les observations ont confirmé positivement ce résultat. Ainsi on a vu qu'à certains endroits de la Sibérie,

la terre ne dégelait jamais, tandis qu'en Égypte le thermomètre centigrade indiquait encore 22° à plus de 200 pieds de profondeur. A Paris, qui est intermédiaire entre ces deux climats, les caves de l'Observatoire conservent constamment la température de 12°. La température du globe terrestre observée près de sa surface décroîtrait donc de l'équateur aux pôles. Ces observations ne sont pas encore assez précises pour qu'on puisse déterminer la loi de ce décroissement. Nous ne nous arrêterons point ici à reconnaître les causes des différences de la température de chaque lieu : elles sont extrêmement nombreuses, et tiennent à une multitude de circonstances qui font l'objet de *la physique* proprement dite, et qu'on trouvera dans les traités de *géographie physique*.

Nature de la courbe décrite par le mouvement annuel de la terre.

La courbe dans laquelle la terre accomplit sa révolution annuelle n'est point, comme on l'avait cru d'abord, un cercle : les démonstrations mathématiques ont prouvé que c'était *une ellipse* dont le soleil occupait un des foyers.

L'ellipse est une section conique qu'on obtient en coupant un cône droit par un plan qui traverse obliquement ce cône, c'est-à-dire obliquement à sa base, et qui ne passe ni par cette base ni par le sommet. On donne le nom de *grand axe* à la droite AP (*fig.* 9), qui divise la courbe en deux parties égales dans le sens de sa plus grande longueur. Le centre est le point C, milieu de AP, et le *petit axe* est la perpendiculaire GH au *grand axe* passant par ce centre; *les foyers* sont deux points S et F du grand axe, également éloignés du centre; ils sont placés de manière que la somme des lignes ST et FT, menés de chacun d'eux à l'un des points de la courbe, est toujours la même, et égale à la droite AP: on peut obtenir l'ellipse d'une manière très simple, en prenant un fil égal à la longeur du grand axe, et en le fixant aux deux foyers par ses extrémités. Si maintenant, au moyen d'un stylet qui maintienne les fils continuellement tendus, on trace sur une surface horizontale le trajet que l'instrument peut décrire, on formera une courbe elliptique. La distance FC, qui sépare le centre de l'un des foyers, est l'*excentricité*. L'arc que la terre parcourt chaque jour sur cette courbe n'est point

le même : il est d'autant plus grand qu'elle est plus près du soleil.

En vertu du déplacement que subit chaque jour la terre, les positions auxquelles nous rapportons le soleil deviennent très différentes : aussi, outre les changemens de déclinaison qui amènent la différence des saisons, il en subit encore d'autres relativement à son ascension droite. Nous avons déjà reconnu plus haut que chaque jour il s'éloignait d'un degré de l'étoile avec laquelle il coïncidait la veille. Ces retards, en s'accumulant chaque jour, deviennent à la fin tellement sensibles, que les constellations qui passaient au méridien avec lui y arrivent ensuite bien avant, et le ciel paraît tout-à-fait changé. Lorsqu'une étoile, que l'on avait cessé de voir depuis quelque temps, vient à paraître à l'orient, le matin, au milieu des lueurs crépusculaires, c'est le *lever héliaque* de l'étoile. On dit que son coucher est *héliaque* lorsqu'elle se couche une heure après le soleil.

On a distingué les phénomènes qui arrivent à l'instant du lever du soleil sous le nom de *cosmique*, et ceux du couchant sous celui d'*acronique*. Le lever et le coucher *cosmiques* ont lieu le matin ; le lever et le coucher *acroniques* ont

lieu le soir. Une planète est dite *acronique* lorsqu'elle se lève au soleil couchant pour demeurer visible la nuit entière. Comme les astres ne sont en général visibles à la vue simple que lorsqu'ils sont éloignés d'au moins 12 à 15 degrés du soleil, il s'ensuit que le lever cosmique précède de 12 ou 15 jours environ le lever héliaque, et que le coucher acronique suit le coucher héliaque de la même quantité.

Le lever héliaque des étoiles est remarquable : il servait aux agriculteurs à fixer l'époque de leurs travaux; mais la position des équinoxes changeant peu à peu, il ne peut y avoir de fixité.

Le temps que met la terre à parcourir la circonférence entière de son orbe elliptique est, d'après les mesures les plus précises, de 365 jours 5 heures 48′ 51″. On appelle aussi cet intervalle de temps *année tropique*, parce qu'elle est mesurée par les deux passages du soleil par le même point de son orbite apparent, tels qu'un équinoxe ou un solstice. Le point P (*fig.* 9), où la terre est le plus voisine du soleil, est le *périgée* ou le périhélie; le point A, diamétralement opposé, est l'*apogée* ou l'aphélie. Les deux extrémités du grand axe A et P sont les *apsides*, et

on donne à la ligne qui les réunit le nom de *ligne des apsides*. Lorsque la terre est au périhélie, les peuples d'Europe ont l'hiver; ils ont, au contraire, l'été lorsqu'elle a atteint l'aphélie. Dans le langage que les astronomes ont adopté, ils se sont entièrement abandonnés aux apparences; ils ont considéré la terre comme fixée au centre de l'écliptique, et le soleil comme décrivant autour d'elle l'ellipse terrestre : ainsi ils ont dit que le soleil était au périgée au solstice d'hiver, à l'apogée au solstice d'été. Il sera facile, une fois l'explication des apparences donnée, de savoir ce qu'ils ont voulu réellement exprimer.

De la mesure du temps.

Maintenant que nous possédons toutes les données nécessaires pour mesurer la succession des phénomènes au moyen des diverses révolutions de notre planète, et des mouvemens apparens qui frappent nos yeux le plus sensiblement, nous allons signaler les divisions différentes du temps mises en usage par les peuples et par les astronomes.

Nous avons déjà indiqué ce qu'est le jour sidéral et les instrumens dont on se sert pour le

mesurer; nous avons reconnu son uniformité constante, il n'en est pas de même pour celui dont la marche apparente du soleil sert à déterminer la longueur, et qu'on appelle *jour vrai* ou *solaire*. En effet, le mouvement apparent du soleil est loin d'être uniforme, il n'avance point tous les jours d'une même quantité sur l'écliptique; ce mouvement, tantôt accéléré et tantôt ralenti, ne peut donc servir à mesurer la durée dans les usages civils. On a dès-lors imaginé un soleil factice, parcourant l'équateur d'un mouvement uniforme, et s'avançant tous les jours vers l'orient par l'effet de son mouvement propre, de la quantité constante $59'\ 8''\frac{1}{5}$. Il résulte de cette hypothèse que l'arc de l'équateur qui passe par un méridien dans le temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs de ce soleil au même méridien, est de $360^{\circ}\ 59'\ 8''$. Le temps que cet arc met à passer par le même méridien est *le jour moyen*.

Nous avons donc trois sortes de *temps*:

Le temps moyen constant et uniforme, puisqu'il est proportionnel aux espaces parcourus uniformément par le soleil.

Le temps sidéral constant et uniforme aussi, puisqu'il est proportionnel au mouvement de

rotation de la terre autour de son axe, qui est uniforme.

Le temps vrai, qui varie comme les mouvemens vrais du soleil.

Le jour sidéral est plus court que les jours moyen et vrai, et le jour vrai est quelquefois plus long, quelquefois plus court que le jour moyen; cependant le temps moyen s'accorde avec le temps vrai, quatre fois par an. En prenant pour unité de temps le jour moyen, la durée du jour sidéral est de $23^h\ 56'\ 4'',0907$, d'où il suit que l'accélération diurne des étoiles est exactement de $3'\ 55'',9093$ par rapport au mouvement du soleil moyen.

On a ainsi un moyen commode de régler une montre; dirigez une lunette vers une étoile à un instant quelconque, et remarquez l'heure que marque la montre lorsque l'astre passe au fil du réticule; lorsque le lendemain, l'astre se présentera au même point de la lunette qui aura dû rester immobile, la montre, si elle marche bien, devra marquer $3'\ 55''$ ou sensiblement $4'$ de moins que la veille.

L'*équation du temps* est la différence qui existe entre le temps vrai et le temps moyen pour chaque jour.

Le besoin de connaître la différence entre le temps vrai et le temps moyen de chaque jour a conduit à inventer un mécanisme qui, adapté aux horloges, suit régulièrement les variations du mouvement du soleil. C'est à cette espèce d'horloge que l'on a donné le nom *pendule à équation;* elle se compose de deux aiguilles, dont l'une marque le temps moyen ou uniforme, tandis que l'autre indique le temps vrai ou apparent du soleil, et par conséquent le midi de chaque jour solaire. Il est donc extrêment facile d'apprécier la différence de chacun d'eux.

Du calendrier.

La distribution du temps, d'après certaines périodes déterminées, est un résultat des progrès des observations astronomiques. Il est indubitable que les premiers peuples commencèrent d'abord à compter par jours; dans la suite, l'examen des phénomènes célestes ayant fait découvrir certaines périodes régulières dans les mouvemens des astres, on dut évaluer le temps d'après leur succession, et arriver ainsi, à mesure que les notions devenaient plus étendues, à des combinaisons plus compliquées. Lorsqu'on étudie les méthodes adoptées par les divers peu-

ples pour diviser et calculer le temps, on voit qu'elles sont toutes fondées sur les mouvemens des corps célestes les plus apparens, tels que le soleil et la lune. Toutefois, il en est plusieurs que l'on a considérées comme ne se rattachant à aucun phénomène naturel, et comme entièrement arbitraires; mais il est plus probable d'admettre que les bases sur lesquelles elles reposent ne nous sont point parvenues, que de penser qu'elles ont été le produit d'une conception purement imaginaire.

Le tableau sur lequel est indiquée la division du temps, par jours, semaines, mois, saisons et années, a reçu le nom de *calendrier*, dérivé des *calendes romaines*; la forme et la distribution en sont extrêmement variables; la comparaison de chacun de ceux employés par les différens peuples est un des travaux les plus importans pour obtenir des résultats positifs sur la chronologie : nous nous bornerons à indiquer les principaux.

D'après les citations de plusieurs auteurs, tels que Géminus et Censorinus, qui ont beaucoup écrit sur cette matière, l'année civile des Égyptiens et des Perses était composée de 365 jours; en sorte que, tous les quatre ans, elle retardait

d'un jour sur l'année solaire, et ce n'était qu'après un intervalle de 1460 ans, qu'ils appelaient *période sothiaque* ou *grande année canicülaire*, que les années civiles et solaires se retrouvaient d'accord. Les mois, au nombre de 12 chaque année, étaient de 30 jours chacun; et pour compléter l'année, ils ajoutaient 5 jours *epagomènes* ou complémentaires. Les Cophtes font encore usage aujourd'hui de ce calendrier, qui servit de modèle à celui de la république française, qui divisait, comme on sait, le mois en 3 *décades* ou semaines de 10 jours.

Le calendrier des Grecs fut peut-être celui qui présenta les variations les plus nombreuses: chez eux l'année, d'abord de 360 jours, se divisait en 12 mois de 30 jours chacun; après deux ans, période que l'on appelait *triétéride*, on intercalait un mois de 30 jours, en sorte que l'on avait alternativement une année de 360 jours et une autre de 390. Cette manière de diviser le temps, suivie jusque 600 ans environ avant notre ère, présentait un grand nombre d'inconvéniens, qui devenaient plus sensibles à mesure que les études astronomiques s'introduisaient dans le pays. On consulta les oracles, qui décidèrent que l'on devait régler l'année sur la marche

du soleil, et les mois et les jours sur celle de la lune. Les observations ayant appris que ce dernier astre accomplissait ses diverses phases en 29 jours $\frac{1}{2}$, on divisa en 2 parties inégales cette période de temps double, et on obtint 2 mois, l'un de 30 jours, et l'autre de 29, qui commençaient par la *néoménie* ou *nouvelle lune*. Cependant les 12 lunaisons ne formant que 354 jours, l'année se trouvait en retard de 11 jours $\frac{1}{4}$ avec celle indiquée par le cours du soleil. Après 8 ans, l'excédant de l'année solaire produisait juste 90 jours, dont on forma 3 mois intercalaires de 30 jours, que l'on plaça aux troisième, cinquième et huitième année de cette période dite *octaétéride*. Il y avait ainsi 3 années de 13 mois, ou de 384 jours, tandis que les autres n'en avaient que 354. Dans cette manière de calculer le temps, les conditions de l'oracle n'avaient pas été remplies. On se trouvait bien d'accord avec le cours du soleil pour la composition de l'année, mais il n'en était pas de même pour celle des mois, qui devaient se trouver en rapport avec les retours de la lune aux mêmes points du ciel. En effet, après une *octaétéride*, il s'en fallait d'un jour et demi que cet astre eût achevé sa dernière révolution. Après deux octaétérides, ou une période de 16 ans,

on prit la résolution d'ajouter 3 jours complémentaires ou épagomènes, et on pensa avoir ainsi satisfait aux décrets des dieux. Toutefois les Athéniens, auxquels était due cette réforme, sentirent bientôt qu'en voulant rendre les mois et les jours d'accord avec la marche de la lune, les années ne se trouvaient plus en rapport avec le cours du soleil.

Meton, célèbre astronome athénien, entreprit de remédier à ces inconvéniens. Il imagina une période ou un *cycle* de 19 ans, après lesquels les rapports des jours, des mois et des années avec les retours de la lune et du soleil aux mêmes points du ciel se trouvaient conservés. Dans cette période de 19 ans on comptait 235 lunaisons, savoir : 228 à raison de 12 lunaisons par an, et 7 autres à cause des 11 jours dont chaque année solaire surpasse l'année lunaire. Les 7 mois lunaires, dont 6 étaient de 30 jours chacun, et le septième de 29, se nommaient intercalaires ou *embolismiques*. Cette découverte parut si belle aux Grecs, qu'elle fut admise par presque tous les peuples de ces contrées. On en exposa le calcul en lettres d'or dans les places publiques pour l'usage de tous les citoyens : c'est de là que lui vient le

nom de *nombre d'or*. Une erreur légère s'était glissée dans le calcul de Meton sur la durée de la lunaison : il arriva qu'après 76 ans on se trouva en avance d'un jour sur l'époque du retour de la nouvelle lune. Calippe, astronome célèbre de l'époque, établit pour y remédier une période de 4 cycles de Méton, formant 27,960 jours, qu'il réduisit à 27,959, en en retranchant un au dernier cycle.

Le calendrier arabe, suivi par tous les peuples qui professent la religion mahométane, est entièrement fondé sur le cours de la lune, et les mois sont tellement distribués, que leur premier jour doit correspondre toujours à une nouvelle lune ou néoménie. Ces années de 354 et de 355 jours sont très vagues en ce qu'elles parcourent successivement, en rétrogradant, toutes les saisons. Ces peuples ont une période de 30 ans dans laquelle on compte 19 années de 354 jours, et formées de 12 mois alternativement de 29 et de 30 jours, et 11 autres de 355. Les dernières sont les 2e, 5e, 7e, 10e, 13e, 16e, 18e, 21e, 24e, 26e, et 29e.

Du reste, la manière de régler le temps adoptée par ces peuples se ressent de la barbarie dans laquelle ils sont plongés depuis si long-temps.

En effet, la détermination du commencement de leurs mois est si variable, qu'il est souvent impossible de trouver exactement sur notre calendrier actuel le jour correspondant, et on n'en sera plus surpris lorsqu'on saura qu'il suffit de la présence d'un nuage au-devant de la lune pour que le commencement du mois soit retardé : ils ne se fient toujours qu'aux apparences.

Nous arrivons maintenant au calendrier romain, d'où dérive celui dont nous faisons actuellement usage en Europe. Les connaissances que nous possédons sur la méthode des Romains dans la division du temps se réduisent à très peu de chose jusqu'à l'époque où Jules César opéra cette réforme si célèbre. On sait seulement que sous Romulus l'année se composait de 10 mois, dont mars était le premier. Numa en ajouta deux autres, dont l'un, nommé *février*, fut placé à la fin de l'année, et l'autre, qui était *janvier*, au commencement. Les communications avec les Grecs apportèrent quelques changemens sous les décemvirs, qui transportèrent le mois de février au second mois de l'année. Pendant le long espace de temps qui les sépare de Jules César, les pontifes, qui avaient le droit de régler le calendrier, opérèrent des changemens

qui ont ajouté encore à l'obscurité profonde qui règne sur la chronologie de ces pays. Enfin parut Jules César, maître et souverain pontife de Rome : il résolut de fixer le calendrier romain. Il fit venir à ce sujet un astronome égyptien, Sosigenès, de qui il apprit que l'année solaire était composée de 365 jours un quart; d'après cela il établit que désormais l'année se composerait de 365 jours, et qu'au bout de quatre ans on en ajouterait un sixième afin de tenir lieu de 6 heures négligées pendant 4 ans; la dernière année fut nommée *bissextile*. Quelques mois changèrent de dénomination; mais ils étaient toujours au nombre de 12, de 30 et 31 jours chacun, excepté celui de *février*, qui en avait 28 ou 29, suivant que l'année était ordinaire ou bissextile. Le premier jour du mois chez les Romains se nommait *calendes;* le 5 venaient les *nones;* le 13, les *ides*. En mars, mai, juillet et octobre, les nones se trouvaient le 7, et les ides le 15. Ils avaient une manière de compter toute particulière : ils allaient en rétrogradant; ainsi, ils disaient la veille avant les ides, le 3e, le 4e, le 5e jour avant les ides. Le nouveau calendrier appelé *julien*, du nom de son auteur, fut adopté dans toute l'étendue de l'empire romain, et par

tous les chrétiens eux-mêmes, qui, afin de déterminer exactement l'époque de leur Pâque, firent usage du cycle de Meton.

Cependant, la durée de l'année, fixée par Jules César à 365 jours un quart, était trop longue de 11 minutes et 9 secondes. Cette erreur, presque imperceptible pendant un court intervalle de temps, produisait environ 1 jour en 133 ans; en sorte que depuis la réforme de César jusqu'en 1582, époque à laquelle eut lieu la réforme du pape Grégoire XIII, les equinoxes avaient remonté au commencement des mois où ils se trouvent, et celui du printemps se rencontrait le 11 mars, au lieu de se trouver au 21 de ce mois, où le concile de Nicée l'avait fixé en 325.

Grégoire, voulant remédier à ce dérangement, qui s'augmentait de plus en plus, d'après l'avis des plus illustres astronomes, et surtout de Clovius, publia une bulle dans laquelle il prescrivait de retrancher de l'année 1582 les 10 jours d'erreur qui avaient été causés par l'excès des 11 minutes de l'*année julienne* sur l'année solaire, et prescrivit que l'on compterait le 15 octobre lorsqu'on serait arrivé au 5. Voulant en outre empêcher le retour de semblables

erreurs, il arrêta que, dans l'espace de 400 ans, on retrancherait 3 bissextiles : par conséquent les années 1700 et 1800 n'ont pas été bissextiles; l'an 1900 ne le sera pas non plus, parce 1600 l'a été; mais 2000 le sera (1). Tel est le *calendrier grégorien*, qui fut suivi, presque aussitôt la publication de la bulle, par tous les peuples de la chrétienté. Il n'y eut que les princes protestans qui refusèrent d'abord de l'introduire dans leurs états; mais plus tard, en ayant senti tous les avantages, ils ne s'y refusèrent plus. Il n'y a actuellement en Europe que les Russes et les chrétiens du rite grec qui aient conservé l'année julienne, qui maintenant commence 12 jours après la nôtre.

Outre la subdivision de l'année en mois, ceux-ci en présentent une autre que l'on a appelée *semaine*, et qui se compose chez nous de 7 jours, qui sont les *lundi*, *mardi*, *mercredi*, *jeudi*, *vendredi*, *samedi* et *dimanche*, noms qui dérivent de ceux des planètes ; ainsi le premier est le jour de la lune, le second celui de Mars, le troisième celui de Mercure, le quatrième celui de Jupiter, le cin-

(1) En général, toutes les années dont le millésime est divisible par 4, sont bissextiles.

quième celui de Vénus, le sixième celui de Saturne, et le dernier enfin, celui du soleil ou du Seigneur.

L'ordre des planètes dans les jours de la semaine venait de l'influence qu'on leur supposait sur les différentes heures du jour : le dimanche, au lever du soleil, la première heure était pour le soleil ; ensuite venaient Vénus, Mercure et la lune, qui étaient supposés au-dessous de lui ; puis Saturne, Jupiter et Mars, qui étaient au-dessus. Il arrivait aussi que le lendemain commençait par la lune, et voilà pourquoi le lundi fait suite au jour consacré au soleil. Il n'y eut guère que les Grecs qui refusèrent long-temps de diviser leur mois en semaines de 7 jours : elles étaient primitivement de 10 jours ou décades ; mais plus tard ils abandonnèrent cette manière de voir.

Dans la plupart des *almanachs*, il est encore question du *cycle solaire*, de l'*épacte*, etc. Nous allons donner une idée abrégée de la signification de ces mots.

On donne le nom de *cycle solaire* à une période de 28 ans, après laquelle le dimanche et les autres jours reviennent dans le même ordre et au même quantième des mois tant que les an-

nées sont bissextiles de 4 en 4 ans. Il y a donc ainsi 28 calendriers différens, se succédant pour chaque année du cycle. Le cycle solaire, ainsi nommé parce qu'il était destiné à trouver le jour du soleil ou le dimanche, a été inventé parce que l'année civile ne contenant pas un nombre exact de semaines, puisqu'elle en renferme 52 et 1 jour, les années suivantes ne commencent pas par le même jour. Si toutes les années étaient semblables, le cycle n'aurait besoin d'être que de sept ans; mais, comme il y a une année bissextile tous les quatre ans, le cycle solaire ne peut être accompli qu'il ne contienne sept années bissextiles, afin que le jour excédant de chacune de ces années étant retranché, on puisse venir à une semaine complète. Si l'on veut trouver, par exemple, à quelle année du cycle solaire répond l'année 1825, on ajoute 9 à ce nombre, et on divise la somme 1834 par 28, le quotient 65 sera le nombre des cycles écoulés, et le reste de l'année du cycle répondant à 1825.

On appelle *lettres dominicales* les sept premières lettres de l'alphabet, que l'on place vis-à-vis les jours du mois, et qui marquent successivement, pendant le cours du cycle solaire, les dimanches de chaque année. De ces lettres la

première, A, marque toujours le 1er janvier, B le 2, C le 3, ainsi de suite jusqu'au 7 indiqué par G, et le 8 recommence par A. Il résulte de là que, connaissant la lettre qui désigne le dimanche de cette année, elle sera la même pour tous les autres. On conçoit aisément que l'année suivante ne commençant plus par le même jour de la semaine, la lettre A, qui est invariable, désignera ce jour, et par suite le dimanche changera également de lettre.

La durée de l'année lunaire n'étant que de 354 jours, tandis que l'année solaire en a 365, il y a à chaque année civile une différence de 11 jours, correspondant à la quantité de jours dont la nouvelle lune est passée. Après 4 ans la nouvelle lune n'a été devancée que de 3 jours, parce que trois fois onze font 33, qui composent une lunaison entière et 3 jours. C'est ce nombre de jours dont excède l'année solaire sur l'année lunaire que l'on a nommé *épacte*. Ce cycle des épactes expire avec le cycle lunaire de 19 ans, et recommence ensuite pendant le même temps.

Nous terminerons ce chapitre en donnant, d'après M. Gauss, une formule pour calculer l'époque de la fête de Pâques, qui détermine celle de toutes les autres fêtes mobiles. En effet :

La Septuagésime est 63 jours avant Pâques.

La Quinquagésime, ou le Dimanche gras, 49 jours avant Pâques.

Les Cendres se trouvent le mercredi qui suit ce dimanche.

La Passion est 14 jours, et les Rameaux 7 jours avant Pâques.

La Quasimodo sept jours après.

L'Ascension est le jeudi 40e jour, et la Pentecôte le 50e jour après Pâques.

La Trinité est le 8e dimanche après Pâques, et le jeudi suivant se trouve la Fête-Dieu.

Pour trouver Pâques, divisez le nombre donné de l'année par 19, et appelez a le reste de la division;

Divisez le nombre donné de l'année par 4, et nommez b le reste de cette seconde division;

Divisez le même nombre donné par 7, et nommez c le reste de la troisième division;

Divisez (19 a + 23) par 30, et nommez d le reste de la quatrième division;

Divisez (2 b + 4 c + 6 d + 4) par 7, et nommez e le cinquième reste;

Le jour de Pâques sera le (22 + d + e) de mars, ou si cette quantité dépasse 31, ce sera le (d + e — 9) avril.

Cette formule ne peut servir que de 1800 à 1899.

Du Soleil ☉.

Le soleil, que l'on avait d'abord rangé au nombre des planètes, et qui maintenant est regardé comme une étoile occupant le centre de notre système planétaire, qu'il gouverne, nous apparaît sous la forme d'un disque arrondi et étincelant. Soumis aux lois du mouvement diurne de la terre, il décrit, comme tous les astres, qu'il efface par l'éclat de sa lumière, un cercle diurne dont l'étendue, très variable, détermine la durée du jour. Son abaissement au-dessous de l'horizon ne nous plonge point subitement dans une obscurité profonde; ses rayons lumineux, refractés dans les couches atmosphériques avant son lever et après son coucher, nous apportent cette faible lumière qui produit le crépuscule, et nous offrent cette succession de couleurs si remarquables par la variété des nuances les plus agréables.

Outre le mouvement diurne apparent du soleil, nous savons qu'il nous en présente un autre également apparent dans le plan de l'écliptique, résultant de la translation de la terre dans les

divers points de son orbite annuelle. C'est à cette translation, qui fait varier la position du soleil par rapport à l'observateur, que l'on doit la différence de grandeur que cet astre nous offre lorsque nous sommes placés au périgée ou à l'apogée, phénomène commun à tous les objets qui sont à la surface de notre globe, et qui nous paraissent d'autant plus grands qu'ils sont plus voisins de nous.

Les calculs ont donné pour les variations de la distance du soleil à la terre les résultats suivans :

	Rayons terrest.	Lieues de 2280 toises.
Périgée.....	23,691 ou	33,925,512
Apogée.....	24,501 ou	35,085,432
Moyenne	24,096 ou	34,505,472
Grand diamètre.....	48,192 ou	69,010,944

Ainsi la plus grande distance surpasse la moyenne de 580,000 lieues, quantité très petite comparativement aux dimensions de l'orbe; on suppose ici le rayon terrestre égal à 1432 lieues.

Nous avons indiqué précédemment quel était le volume de cet astre; nous verrons plus bas que l'attraction nous permettra d'évaluer son poids.

Constitution physique du soleil.

Lorsqu'à l'aide de verres colorés propres à affaiblir l'éclat trop vif de la lumière solaire, on observe cet astre attentivement, on y aperçoit des taches noires d'une forme très irrégulière, qui semblent en mouvement sur sa surface. Chaque tache environnée d'une pénombre offre autour d'elle une bordure lumineuse, dont la lumière a plus d'éclat que celle du reste du soleil. Quelquefois on remarque d'abord des nuages étincelans situés à la circonférence du disque; les taches ne se montrent qu'ensuite : semblables d'abord à des lignes très déliées, elles augmentent peu à peu en grandeur, et finissent par disparaître en s'effaçant successivement; alors reparaît cette même bordure lumineuse que nous avions remarquée à l'autre extrémité. Ces taches sont extrêmement variables dans leur forme, leur nombre et leur position; quelquefois elles se cachent tout à coup, et sont remplacées par d'autres; quelquefois on en comptera jusqu'à 50 et plus, et l'année suivante à peine en apercevra-t-on quelques unes. L'examen attentif de ces taches fit découvrir à Galilée qu'elles suivaient une route régulière et constante, et de là il con-

clut que ces taches adhérentes au globe solaire étaient entraînées par un mouvement de rotation qui s'exécutait en 25j 16′ 48″ autour d'un axe incliné sur l'écliptique de 7° 19′ 23″. Lorsqu'on ne tient pas compte du mouvement elliptique de la terre, la durée de la rotation paraît d'un peu plus de 27 jours.

Les changemens que nous apercevons dans les taches solaires, dont quelques unes ont quatre à cinq fois le diamètre de la terre, tiennent au mouvement qui nous emporte autour de l'écliptique. Ainsi, par l'effet de cette translation, l'axe de rotation se présente à nous dans des positions successivement différentes par rapport à la terre, et sous des inclinaisons également variables. Il devra donc arriver certaines circonstances où elles devront nous paraître décrire des lignes droites : ce sera lorsque nous serons placés de manière à ce que le plan mené par l'axe de rotation perpendiculairement à l'écliptique sera perpendiculaire au rayon visuel mené de la terre au centre du soleil; cette circonstance ne se renouvelle que de six mois en six mois : alors nous apercevons les pôles de rotation du soleil. Dans toute autre position, les taches paraissent ovales, leur convexité correspondant à l'hémisphère

austral lorsqu'on est voisin du boréal, et à l'hémisphère boréal lorsqu'on découvre le pôle austral. Toutes les taches peuvent être considérées comme comprises dans l'étendue d'une zone qui s'étend environ à 34° au-delà de l'équateur solaire. Cependant on en a vu aussi à 44° : leur marche s'exécute toujours dans le même sens de droite à gauche ou d'occident en orient.

De toutes ces observations, il s'ensuit que le soleil tourne sur lui-même autour d'un axe incliné sur l'écliptique. Le plan mené perpendiculairement à cet axe par le centre du soleil se nomme l'*équateur solaire*, et rencontre l'écliptique suivant une ligne droite qu'on appelle *ligne des nœuds*.

Ces mêmes observations ont fait émettre sur la nature du soleil plusieurs opinions que nous allons indiquer. M. Laplace le considère comme un corps en combustion duquel s'échappent par intervalles, du fond de vastes volcans représentés par les taches du soleil, des gaz incandescens traversant tout notre système planétaire, pour distribuer aux différens globes qui le composent la chaleur et la lumière.

Cette opinion de l'auteur de la Mécanique céleste ne paraît pas avoir obtenu l'assentiment

des astronomes. Celle d'Herschell a été mieux accueillie ; cet observateur infatigable, qui passa une grande partie de sa vie à examiner les phénomènes de la voûte céleste à l'aide de ses télescopes, doués de la puissance la plus forte qu'on connût jusqu'alors, a pensé que le soleil a la forme d'un noyau solide, environné d'une atmosphère lumineuse qui s'ouvrait quelquefois de manière à laisser pénétrer jusqu'au noyau obscur. Cet auteur croit aussi qu'il existe à la surface de cet astre de hautes montagnes dont le sommet, s'élevant de temps en temps au-delà de son atmosphère, se découvre à nous sous l'apparence de taches noires. Cette dernière partie de l'opinion d'Herschell est une simple hypothèse qui ne repose sur aucune base ; mais la présence d'une atmosphère lumineuse, qui avait pour elle toutes les probabilités les plus favorables du temps d'Herschell, est devenue beaucoup plus fondée depuis le fait rapporté à ce sujet à l'Institut, par M. Arago, en 1824.

La manière dont il y arriva mérite d'être citée. M. Fourrier avait constaté par ses expériences sur la polarisation (1) des rayons lumi-

(1) Lorsque les molécules lumineuses traversent des

neux, que ceux qui s'échappaient d'une sphère métallique rougie au feu jouissaient de cette propriété, et qu'au contraire ceux qui émanaient d'une sphère gazeuse incandescente en étaient privés. M. Arago fit l'application de cette expérience à la lumière solaire, et ayant observé qu'elle ne jouissait pas de la polarisation, admit comme conséquence de ce résultat, que le milieu d'où provenait la lumière solaire ne différait pas sensiblement de celui des fluides élastiques, et que par conséquent il y avait autour du soleil une atmosphère incandescente.

---

corps cristallisés doués de la double réfraction, c'est-à-dire tels qu'en regardant à travers leur épaisseur un objet quelconque, chaque point de l'objet placé derrière ce cristal envoie deux images à l'œil, elles éprouvent autour de leur centre de gravité divers mouvemens dependans de la nature des forces que les particules du cristal exercent sur elles. Quelquefois l'effet de ces forces se bornent à disposer toutes les molécules d'un même rayon, parallèlement les unes aux autres, de manière que leurs faces homologues soient tournées vers le même côté de l'espace, C'est ce phénomène que Malus a désigné sous le nom de *polarisation*, en assimilant l'effet des forces à celui d'un aimant qui tournerait les pôles d'une série d'aiguilles magnétiques, tous dans la même direction. (Biot, *Physique.*)

Bouguer, ayant observé que la lumière du soleil était plus forte à son centre qu'à ses bords, avait pensé également que cet astre était environné d'une atmosphère lumineuse. Pour expliquer cet effet, il comparait cette atmosphère à celle qui environne la terre, en disant que les rayons lumineux, traversant une plus grande surface sur les bords qu'au centre, d'où elle nous provenait directement, son intensité devait être diminuée. Mais l'observation sur laquelle repose cette explication ne peut être adoptée, parce qu'en effet on n'a trouvé aucune différence sensible entre l'intensité de la lumière dans les divers points de sa surface.

On s'est encore servi, pour appuyer l'existence d'une atmosphère incandescente répandue autour du soleil, d'un phénomène qu'il nous présente quelquefois, et auquel on a donné le nom de *lumière zodiacale :* c'est une lueur blanchâtre assez rare pour laisser apercevoir les étoiles situées derrière elle, présentant l'aspect d'une lentille aplatie, placée obliquement sur l'horizon au-dessus duquel elle s'élève en s'amincissant successivement jusqu'à une hauteur très considérable, et que l'on aperçoit lorsque cet astre s'est caché au-dessous de l'horizon ; on a re-

connu qu'elle l'accompagnait constamment, et que, dans les éclipses, elle formait autour de lui une chevelure lumineuse. Sa position dans le plan de l'équateur solaire est cause qu'elle n'est pas toujours visible; en effet, cet équateur s'inclinant diversement, suivant les situations du soleil dans le plan de l'écliptique, la lumière zodiacale suit tous ses mouvemens, et devient plus ou moins visible. Le moment le plus favorable pour l'observer se présente dans nos contrées à l'équinoxe du printemps, vers le mois de février ou de mars; en automne on la remarque avant le lever du soleil; au solstice d'été on l'aperçoit matin et soir.

Une dernière opinion à éclaircir, c'est celle qui partage les physiciens au sujet de la nature de la lumière que nous envoie le globe solaire. Deux hypothèses ont été émises sur ce sujet: les uns, s'appuyant de l'autorité de Newton, admettent comme lui que le soleil et tous les corps lumineux ont la propriété de lancer autour d'eux des particules d'une ténuité extrême et animées d'une vitesse excessive, qui, arrivant jusqu'aux planètes, y produisent le phénomène de la lumière; tel est le *système de l'émission* ou *de transmission*. D'autres, au contraire, pensent que ce

phénomène dépend des vibrations imprimées à un fluide appelé éther, répandu dans tous les corps de la nature par une force qui réside dans le soleil et dans tous les autres corps célestes lumineux par eux-mêmes. Ce système est celui des *ondulations* ou des *vibrations*. Le premier, d'abord adopté par tous les physiciens qui avaient étudié les beaux travaux de Newton sur l'optique, laissa bientôt quelques doutes dans leur esprit. On se demandait comment un astre pouvait envoyer continuellement des molécules lumineuses sans rien perdre de son éclat, sans que son diamètre diminuât. On répondait à cela que le diamètre du soleil étant d'environ 2000″, dont chacune équivaut à 167 lieues, à la distance de 34,500,000 lieues, il venait chaque jour à diminuer de deux pieds, ce qui serait énorme pour un corps d'un volume si considérable, la perte serait de 122 toises par an, et de 160 lieues ou une seconde environ après 3000 ans, diminution qu'il nous serait impossible d'apprécier. Tel était l'état des esprits, lorsque de nouvelles recherches sur la lumière, appuyant l'hypothèse des ondulations, parvinrent en peu de temps à un si haut degré de perfection, que tous les bons esprits furent convaincus de sa vérité. Cette hy-

pothèse semble en effet réunir aujourd'hui pour elle toutes les probabilités, et paraît bien plus admissible depuis que les découvertes électro-magnétiques ont fait apercevoir les rapports les plus intimes entre la cause des phénomènes électriques et celle d'où dérive la production de la lumière.

Quelle peut être la température des rayons solaires? Telle est la question intéressante que M. Pouillet, professeur de physique, chercha à résoudre il y a quelques années. Le principe sur lequel reposent ses expériences est le suivant : Imaginons, dit-il, une sphère en glace, percée à l'extérieur d'une ouverture qui permette de faire pénétrer dans le centre un thermomètre qui se maintiendra à 0 degré; supposons maintenant qu'on fasse pénétrer des rayons lumineux jusqu'au thermomètre, il s'échauffera et montera d'une certaine quantité; or, si l'on connaît la distance du thermomètre au corps lumineux, le rapport de l'ouverture par laquelle les rayons lumineux ont pénétré avec celui de la circonférence entière de la sphère, et la quantité dont le thermomètre est monté, on pourra calculer la quantité de chaleur qui aura été envoyée par le corps incandescent. Quelle que soit la di-

stance maintenant, pourvu qu'elle soit connue, il sera toujours facile d'arriver à déterminer la quantité de chaleur envoyée au moyen du thermomètre.

L'instrument dont l'auteur s'est servi est fondé sur ce principe : il trouva ainsi, en exposant son thermomètre maintenu à une température uniforme, à diverses époques de la journée, qu'il ne montait jamais au-delà de 7° et demi, et ne descendait jamais au-dessous de 6° ; la moyenne de ses résultats donne à peu près 1200° pour la température des rayons solaires.

De la Lune ☾.

L'éclat brillant de la lune, dans certaines circonstances, sa proximité de la terre, relativement aux autres corps de la voûte céleste, la succession si régulière des mouvemens auxquels elle est soumise, ont de tout temps attiré sur cet astre, considéré comme le soleil de la nuit, l'attention des habitans de nôtre globe. La lune tourne autour de la terre d'occident en orient. C'est des différentes époques de cette révolution que dépendent les phases, c'est-à-dire les différens aspects sous lesquels nous la voyons dans le cours d'une lunaison. En effet, soit

(*fig.* 13) T la terre, S le soleil, *l* la lune, il est clair que cet astre sera dans cette première position complétement invisible, puisque la partie éclairée est tout entière tournée du côté du soleil; on dit alors que la lune est nouvelle; c'est la néoménie. L'astre se lève et se couche pendant que le soleil est sur l'horizon; après cinq jours environ d'une semblable obscurité, on voit apparaître, peu après le coucher du soleil, un simple filet lumineux qui, en s'agrandissant successivement, acquiert les jours suivans la forme d'un croissant dont la convexité regarde toujours le soleil; parvenu en *l'* la moitié de son disque devient visible. L'astre passe au méridien vers six heures du soir, c'est alors le *premier quartier*. A partir de ce point, la partie éclairée augmente de jour en jour, et la limite de cette partie nous paraît sous la figure d'un arc d'ellipse, ayant sa convexité tournée en sens inverse de ce qu'elle était lors du passage de la nouvelle lune au premier quartier. Elle arrive enfin en *l''* présenter le même hémisphère au soleil et à la terre; elle passe au méridien vers minuit: cette phase se nomme la *pleine lune*. De *l'* en *l'''*, c'est-à-dire pendant le passage de la pleine lune au dernier quartier, la partie éclairée décroît comme elle

avait crû, et l'on n'aperçoit plus en l''' que la moitié de son disque. L'astre passe au méridien vers six heures du matin; enfin, à partir de l''', la partie éclairée diminue sans cesse pour disparaître entièrement en l. Telles sont les diverses phases que la lune parcourt dans un espace de vingt-neuf jours et demi.

Lorsque la lune est pleine, elle est en *opposition* avec le soleil, ce que l'on désignera par le signe 8, et la longitude de ces deux astres, vus de notre globe, diffère de 180°. Quand elle est nouvelle, ils sont en *conjonction*, et la différence en longitude est nulle. Ces deux positions prennent le nom de *syzygies*. C'est dans les *conjonctions* que sont produites les *éclipses de soleil*; les *éclipses de lune* ont lieu dans les *oppositions*, et s'il n'y a point toujours éclipse aux syzygies, c'est que, comme nous le verrons bientôt, l'orbe de la lune n'est point dans le même plan que l'écliptique, ce qui fait que les rayons du soleil peuvent très souvent nous parvenir dans les conjonctions sans être interceptés par la lune; de même que dans les oppositions, ils peuvent arriver à la lune sans rencontrer la terre. Enfin, lorsque la lune est à son premier ou à son dernier quartier, ces positions prennent le nom de *quadrature* Les points

intermédiaires entre les syzygies et les quadratures ont aussi reçu la dénomination particulière d'*octans*.

Ces observations suffisent pour démontrer que la lune n'est point, comme le soleil, un astre lumineux par lui-même, et que l'éclat dont elle jouit est emprunté entièrement du soleil.

Mouvement elliptique de la lune.

Dans sa révolution autour de notre globe, la lune est sujette à des changemens de distance très considérables; l'instrument dont on se sert pour mesurer son diamètre apparent est, comme nous l'avons indiqué précédemment, le micromètre à double fil. On y parvient encore en calculant le temps qui s'écoule entre l'*immersion* et l'*émersion* des étoiles devant lesquelles elle passe. On trouve à l'aide de ces moyens, que le plus grand diamètre apparent de la lune est de 33′516, et que le plus petit est de 29′,365, variations très considérables, si l'on considère qu'elles ne sont pour le soleil que de 32′,593 à 31′,516; il suit de là qu'il arrivera des instans dans lesquels le diamètre apparent de la lune sera plus grand que celui du soleil, et dans d'autres il sera au contraire moindre que le plus petit de ce dernier

astre. Les calculs de la parallaxe horizontale ou de l'angle sous lequel on verrait de la lune un rayon mené du centre de la terre à l'observateur qui a l'astre dans son horizon, confirment encore ces variations de distance : de plus, ils nous apprennent que cette parallaxe varie suivant les diverses positions de l'observateur, variations qui dépendent de l'éloignement plus ou moins grand de l'observateur au centre de la terre, et qui nous conduisent à une conséquence où nous étions arrivés déjà par d'autres moyens, c'est que la terre n'est point un corps exactement sphérique. Aussi les astronomes, pour arriver à un calcul précis, ont-ils soin de tenir compte de la différence des rayons terrestres, d'où résulte celle des positions apparentes de la lune, et de supposer à la terre une figure elliptique.

La distance moyenne de la lune à la terre, obtenue par le calcul, donne environ 60 rayons terrestres ou 85,928 lieues; quantité qui équivaut à la 402e partie de la distance solaire. Le diamètre de la lune est de 781 lieues, ou les $\frac{3}{11}$ de celui de la terre; sa surface est de 1,934,000 lieues carrées, ou les $\frac{1}{40}$ de celle de notre globe. Son volume est le 49e de celui de la terre.

En vertu de son mouvement propre d'occi-

dent en orient, la lune décrit une courbe dont la détermination a long-temps embarrassé les astronomes, et que l'on est enfin parvenu à connaître, à l'aide des calculs, en appréciant, d'après la théorie, toutes les nombreuses irrégularités auxquelles est soumis le cours de cet astre. Pour connaître la loi de ce mouvement, il faut recourir à l'emploi du procédé que nous avons exposé plus haut, et qui consiste à déterminer chaque jour la hauteur méridienne du centre de la lune et son ascension droite : ces données acquises, il est facile d'en déduire la longitude et la latitude; on parvient également ainsi à apprécier sa vitesse et la direction de son mouvement.

On a trouvé, par ce moyen, que le mouvement de la lune s'accomplissait dans une courbe elliptique dont la terre occupait un des foyers: son rayon vecteur décrit autour de ce point des aires à peu près proportionnelles au temps. Le plan de cet orbe est incliné tantôt plus, tantôt moins, mais dans des limites de variations peu étendues sur celui de l'écliptique. La moyenne est de 5° 8′ 49″; ces deux plans se coupent suivant une droite qui contient les deux points où la lune traverse le plan de l'écliptique, et qu'on

nomme les *nœuds* : l'un, *ascendant* ☊, est celui par lequel la lune passe lorsqu'elle s'élève dans la région supérieure, vers le pôle boréal ; l'autre, *descendant* ☋, est celui qu'elle traverse lorsqu'elle s'abaisse vers le pôle austral.

Si l'on observe bien attentivement l'instant précis de l'opposition dans plusieurs éclipses de lune, et qu'on divise le temps qui s'est écoulé depuis la première observation par le nombre de lunaisons qui ont eu lieu, on obtient pour résultat moyen l'intervalle de deux pleines lunes ou néoménies consécutives, qu'on nomme *révolution synodique*, *mois lunaire* ou *lunaison*, et dont la valeur est de 29j 12h 44′ 2″. L'ellipse de la lune n'est point fixe dans le ciel : elle suit continuellement les déplacemens de la terre dans son orbite annuelle, et, tandis que celle-ci la parcourt une fois dans toute son étendue, celle-là a déjà accompli treize révolutions et demi.

Le mouvement de la lune étant plus rapide que celui du soleil, il s'ensuit qu'elle avance chaque jour vers l'est. C'est à l'accumulation successive de l'excès de ces vitesses relatives qu'est dû le retour de la conjonction, après vingt-neuf jours et demi ; pendant ce temps, la lune a donc parcouru les 360 degrés de son or-

bite, plus l'arc décrit par le soleil depuis l'instant de la conjonction. On trouve aussi que la lune s'écarte chaque jour de l'étoile qu'elle occultait d'un arc de 13° 10′ 35″. Le soleil ne s'avançant chaque jour que d'un degré, la vitesse de la lune est environ treize fois plus rapide que celle de cet astre, et son retour au méridien retardera chaque jour en temps, de 48′ 46″. Les résultats que nous donnons ici sont les moyennes dégagées de toutes les pombreuses irrégularités qui dérangent le cours de la lune.

En supposant la terre fixe, la vitesse de la lune sera de 14 lieues par minute; mais comme cette vitesse se compose réellement avec celle de la terre, puisque celle-ci entraîne la lune avec elle, on reconnaît que la vitesse absolue du centre de cet astre se trouve être de 396 à 424 lieues par minute, selon sa position.

Un fait incontestable, et qui repose sur l'observation la plus exacte, prouve que les nœuds de la lune se meuvent vers l'occident, et parcourent ainsi l'écliptique en sens contraire du mouvement apparent du soleil ou dans le sens du mouvement diurne d'orient en occident. Chaque année, ils ont décrit environ 19° $\frac{1}{3}$; ce qui fait 1° tous les 19 jours, ou 1° 28′ par mois lu-

naire périodique, ou enfin une révolution entière du ciel tous les dix-huit ans et demi; plus exactement les nœuds rétrogradent de 19°3286 par an, et parcourent l'écliptique en 6788 jours 54019. On trouve aussi que le temps de la *révolution synodique du nœud* est de 346 jours 61963, c'est-à-dire qu'après cet intervalle de temps le soleil se trouve au nœud de la lune. Comme le soleil se meut en sens contraire du nœud, ils se rejoignent un peu avant que cet astre ait accompli le tour entier du ciel. Voilà pourquoi cette durée est moindre que celle de l'année. (*Uranographie de Francœur*, p. 84.)

Les notions que nous venons d'exposer sur le mouvement elliptique de la lune sont celles qui méritent d'être le plus généralement connues; si en effet on voulait s'arrêter à toutes les complications qu'il présente, il faudrait entrer dans des détails de calculs contraires au but que nous nous proposons, et qui appartiennent aux traités d'astronomie les plus complets. Plus tard, lorsque nous tâcherons de pénétrer la cause de ces variations, nous les indiquerons d'une manière générale.

Constitution physique de la lune.

Le télescope, dont l'invention si utile à l'astronomie nous a fait découvrir la rotation des corps planétaires sur leur axe, a été particulièrement employé par les observateurs qui ont dirigé leur attention vers la lune. Si l'on examine cet astre lorsqu'il n'est pas encore entièrement éclairé par le soleil, on distingue dans la partie obscure des points lumineux d'abord très petits, et qui s'agrandissent successivement à mesure que les rayons solaires arrivent plus directement sur la face lunaire correspondante au soleil. On aperçoit en même temps derrière ces parties brillantes, une ombre plus ou moins considérable, suivant la position de la lune, et qui tourne de manière à se trouver toujours en opposition avec le soleil. Ces apparences ont fait admettre que la lune était hérissée de montagnes dont la hauteur calculée au moyen de l'ombre projetée à leur base, a donné pour quelques unes plus d'une lieue, inégalités bien plus grandes que celles qui existent à la surface de la terre, relativement au diamètre des deux planètes.

Le sommet de ces montagnes étant éclairé plus tôt que leur base, nous offre l'apparence

des points brillans dont nous avons parlé. On explique également, par la présence de ces inégalités, les dentelures que l'on remarque quelquefois sur les bords de la circonférence de la lune; en effet, il est aisé de comprendre que les rayons solaires venant frapper obliquement les hautes montagnes de la lune, leur sommet étant seul éclairé, se détachera de leur base, et présentera ainsi à l'observateur tous les points brillans que l'on découvre dans ces circonstances.

Le disque lunaire nous offre encore un spectacle différent : on a remarqué en effet que plusieurs portions de sa surface sont constamment obscures dans quelques positions que ce soit; on a été conduit naturellement à les regarder comme des cavités profondes. On avait d'abord pensé que ces phénomènes provenaient de la présence des mers; mais d'autres observations ayant fait conclure qu'il n'existait point d'atmosphère sensible autour de la lune, on a dû nécessairement rejeter l'existence des liquides à sa surface, puisque c'est une loi physique démontrée par l'expérience, qu'il ne peut y avoir de liquides sans qu'il y ait pression exercée à leur surface par une matière quelconque; car si la pression venait à cesser, aussitôt chacun des corps liquides con-

tribuerait à former, en se vaporisant, une atmosphère. L'apparence, à des intervalles de temps différens, sur la face obscure de la lune, de points brillans par eux-mêmes, que l'on regardait comme des éruptions volcaniques, avait été donnée, par plusieurs auteurs, comme la preuve incontestable de la présence d'une atmosphère autour de la lune. Mais cette preuve ne peut être rigoureuse; car, d'une part, quoiqu'on ait cherché à appuyer la supposition de la présence des volcans dans la lune, par une autre supposition dans laquelle on admet que les pierres qui tombent du ciel, ou les *aérolithes*, sont lancés par eux hors du centre d'attraction de la lune, par une force qui n'a besoin que d'être quadruple de celle de la poudre à canon, cependant ce n'est toujours qu'une simple hypothèse, et d'une autre part, la chimie a constaté que la présence de l'air atmosphérique ou de l'oxigène qu'il contient n'est point une condition indispensable à la combustion, comme l'avait avancé Lavoisier, puisqu'il existe des substances qui entrent en ignition sans qu'il y ait un atome de ce gaz.

L'absence d'une atmosphère autour de la lune a fait regarder cette planète secondaire comme

entièrement dépourvue d'habitans; mais peut-être dans cette circonstance nous trompons-nous encore : ce que nous pouvons seulement affirmer, c'est que s'il en existe, les conditions d'existence ne sont plus les mêmes que pour nous.

L'observation des taches de la lune devint d'une si grande importance à une certaine époque, que l'on dressa aussitôt des cartes destinées à en représenter les principales. On leur donna à toutes les noms des plus grands philosophes et des célèbres astronomes, tant anciens que modernes. Hevelius voulut les changer pour les remplacer par d'autres noms géographiques; mais cette idée ne fut pas accueillie avec complaisance, et on conserva les anciennes dénominations.

On compte ordinairement 31 taches principales, savoir :

Dans la partie nord-est de la surface.

Platon,	Copernic,
Héraclite,	Eratosthène,
Aristarque,	Archimède,
Aratus,	Euxode et Aristote,
Kepler,	plus un volcan.

Dans le nord-ouest.

Dionis,	Ménélas,
Manilius,	Cléomède,
Pline,	Messala et Hermès.

Dans le sud-est du disque lunaire.

Schikard,	Grimaldi,
Tycho-Brahé,	Laënsberg,
Gassendi,	Ptolémée et Galilée.

Dans le sud-ouest.

Snellius,	Cyrillus,
Fracastor,	Albategnius,
Pétaud,	Langrenus.

Par l'effet de son mouvement circulaire, la lune présente successivement les divers points de sa surface au soleil; mais, au lieu de tourner plusieurs fois autour de son axe, comme la terre dans son mouvement annuel, elle n'exécute qu'un seul tour entier pendant une révolution synodique. Il résulte de là que chaque jour et chaque nuit étant de 15 fois 24 de nos heures, le satellite doit être en proie alternativement à une chaleur excessive et à un froid extrêmement rigoureux.

Le célèbre Lagrange a cherché à expliquer cet effet par une supposition qu'il a étendue à tous les autres satellites, c'est que la face lunaire qui nous correspond étant très allongée, comparativement à l'autre, elle doit, par l'excès de son poids, toujours tendre vers la terre, qui l'attire avec le plus de force.

Lorsqu'on considère avec le télescope la face obscure de la lune, au moment où elle regarde le soleil, on aperçoit une faible clarté, que l'on nomme *lumière cendrée*, et qui provient de la réflexion des rayons lumineux partis de la terre; elle devient beaucoup plus sensible vers le 3ᵉ jour de la néoménie. L'appréciation de l'intensité de cette lumière, calculée par quelques observateurs, ayant donné un résultat plus fort que ne le comportent les lois de la lumière réfléchie, ils ont cru pouvoir attribuer la cause de ce phénomène à une propriété phosphorescente du globe lunaire.

Quelles sont les propriétés de la lumière réfléchie par la lune? Nous envoie-t-elle de la chaleur? On a pris, pour résoudre cette question, un instrument composé d'un tube recourbé, aux deux extrémités duquel sont placées deux boules remplies d'air, l'une diaphane et l'autre noircie,

le milieu étant occupé par un liquide coloré. S'il y a absorption de chaleur, la boule noire devra en absorber plus que l'autre, qui est diaphane; l'air qu'elle renferme augmentera d'élasticité, et le liquide sera un peu refoulé du côté opposé. Cette expérience faite avec un *photomètre* ou *thermoscope* de cette nature, et capable de mesurer un millième de degré de chaleur, n'a fait voir aucune différence dans l'élasticité des gaz : l'effet thermométrique de la lumière lunaire peut donc être regardé comme nul. On a également cherché à constater si elle avait quelque action chimique sur les substances les plus altérables à la lumière; on a, par exemple, exposé à son action de l'hydrochlorate d'argent, qui se noircit très rapidement sous l'influence de cet agent; l'effet a été absolument nul.

Libration de la lune.

Lorsqu'on suit attentivement avec le télescope les diverses apparences que présentent les taches répandues sur le disque lunaire, on les voit subir quelques variations apparentes de position, qui furent signalées pour la première fois par Galilée. On observe que celles des bords s'écartent ou se rapprochent alternativement en

faisant des oscillations qui se reproduisent de la même manière lorsque la situation de l'astre redevient la même; c'est cette espèce de balancement qui constitue la *libration* de la lune, expression qui représente bien les apparences observées, mais qu'on ne doit point prendre dans un sens positif, car ce balancement n'est point réel en lui-même: il est produit par plusieurs illusions optiques qu'il est facile de concevoir.

Le mouvement de la lune, dans sa révolution autour de la terre, n'est point uniforme comme celui de la terre dans son orbite; il est tantôt accéléré, tantôt retardé, selon que le satellite s'approche ou s'éloigne, son mouvement de rotation demeurant d'ailleurs sensiblement uniforme. Il en résulte que, durant l'accélération, on aperçoit à l'orient quelques taches qu'on ne voyait point d'abord, tandis que celles situées à l'occident disparaissent ou changent de forme, l'inverse ayant lieu pendant le retard sur le moyen mouvement; c'est cette apparence qu'on nomme *libration en longitude*. Mais il existe aussi une *libration en latitude*, c'est-à-dire un balancement dans le sens perpendiculaire à l'équateur lunaire. Ce second effet provient de l'inclinaison de l'axe de rotation de la lune sur son orbite, et de ce

que cet axe conserve son parallélisme ; il en résulte que la lune tourne alternativement vers nous chacun de ses pôles, comme le fait la terre aux points solsticiaux par rapport au soleil ; on doit donc voir les taches tantôt se rapprocher et tantôt s'éloigner. La *libration en latitude* est d'ailleurs peu considérable, ce qui indique que l'équateur de la lune est fort peu incliné sur le plan de son orbite.

Enfin, une troisième illusion provient de ce que l'observateur n'étant pas placé au centre de la terre, vers lequel la lune tourne constamment le même hémisphère, il aperçoit quelques parties de plus et la même quantité de moins lorsque l'astre est à l'horizon ; mais à mesure que la lune s'élève, la face vue par l'observateur tend sans cesse à se rapprocher de celui qu'il verrait du centre de la terre. Comme cette oscillation s'accomplit dans l'espace d'un jour, on l'a nommée *libration diurne*. Le rayon visuel mené par l'astre de la surface de la terre forme des angles variables à mesure qu'il s'élève sur l'horizon, et les aspects qu'il nous offre changent également ; on a alors la *libration diurne*.

A l'aide de ces trois mouvemens apparens, on a déterminé par le calcul que l'axe de rotation

de la lune était presque perpendiculaire à l'écliptique, son inclinaison étant de 88° $\frac{1}{2}$ sur ce plan, et que l'équateur lunaire coupait l'orbite suivant une parallèle à la ligne des nœuds et rétrogradait avec elle.

Des Éclipses.

La terre et la lune étant, comme nous l'avons indiqué, des corps opaques, toutes les fois que l'une de ces planètes se placera, selon certaines conditions, entre le soleil et l'autre, celle-ci devra être couverte d'une obscurité plus ou moins profonde, et il y aura éclipse pour elle. Ainsi, la terre occupant un point de l'intervalle qui sépare la lune du soleil, lorsque celle-ci se trouve en opposition, si elle vient à pénétrer dans l'ombre qui se projette derrière la terre, elle cessera d'être éclairée, et devra par conséquent s'*éclipser*. Si c'est, au contraire, la lune qui prend par rapport à la terre la position que nous venons d'indiquer, nous cesserons de voir le soleil, et il sera éclipsé. Il est facile de comprendre que ce dernier phénomène ne pourra avoir lieu que quand la lune sera à l'époque de la néoménie.

Nous avons déjà fait remarquer que toutes les

fois que la lune était en opposition ou en conjonction, points de son orbite que nous avons désignés sous le nom de syzygies, il n'y avait point nécessairement éclipse de lune ou éclipse de soleil, car la lune accomplissant la révolution de son orbite en 29 jours et demi, nous aurions à peu près tous les quinze jours l'une ou l'autre de ces éclipses; ce qui n'a point lieu. L'orbe lunaire coupant l'écliptique, suivant une droite qui contient les points que nous avons appelés nœuds, la lune prend, par rapport à ce dernier plan, diverses positions; si, lors de son opposition avec le soleil, elle est éloignée de ces nœuds, elle effleurera seulement l'ombre terrestre sans y pénétrer, et c'est ainsi que la chose a lieu le plus souvent; mais si la ligne qui joint les centres du soleil, de la terre et de la lune, est droite ou à très peu près, ce qui arrive toutes les fois que la lune est dans les nœuds, ou en est seulement voisine, il y aura éclipse de lune; elle sera *partielle* ou *partiale,* comme disent quelques astronomes, si elle ne pénètre qu'en partie dans l'ombre terrestre, *totale* si elle s'y plonge tout entière, et *centrale* si son centre coïncide exactement avec celui de l'ombre terrestre.

Des phénomènes analogues se reproduiront

lorsque la lune sera interposée entre le soleil et la terre, et on aura les diverses éclipses de soleil; *partielles*, si la lune ne cache qu'une partie du disque; *totales*, lorsque le soleil paraît entièrement couvert par la lune, ce qui est possible puisque le diamètre apparent de la lune est plus grand que celui du soleil; *annulaires*, lorsque le soleil, caché par la lune, déborde de toutes parts sous forme d'un anneau lumineux (1); enfin, les éclipses *centrales* (qui sont toujours, ou *totales*, ou *annulaires*), dans lesquelles l'observateur est situé sur le prolongement de la droite qui traverse les centres de la lune et du soleil.

Quelle sera la forme de l'ombre projetée par la lune ou la terre? Nous savons, par expérience, que toutes les fois que nous éclairons un corps quelconque, si le corps lumineux n'est pas plus étendu en tous sens que le corps éclairé, celui-ci projette derrière lui une ombre infinie, et si ces corps sont sphériques, l'ombre a la forme d'un

(1) Tycho Brahé ne croyait pas qu'une éclipse de soleil pût être totale. S'il eût vécu quelques mois de plus, il aurait pu voir celle de 1601. Il y a eu plus de trente éclipses totales de soleil pour l'Europe, depuis le commencement de notre ère.

cylindre; mais si la sphère lumineuse est plus grande que la sphère opaque, alors les rayons lumineux, rasant les bords du corps éclairé, vont se rejoindre à une distance plus ou moins considérable, suivant la grandeur du corps et son éloignement, relativement à celui dont il reçoit la lumière. Cette dernière circonstance est absolument celle qui se reproduit pour la terre et pour son satellite. Les dimensions de ces corps étant en effet beaucoup moins grandes que celles du soleil, la forme de l'ombre, en vertu de celle de ces deux astres, devra être celle d'un cône dont l'étendue variera suivant le diamètre propre à chacun d'eux, et suivant leur distance plus ou moins grande du soleil. On a trouvé aussi, en calculant le sommet du cône de l'ombre terrestre, qu'il s'étendait jusqu'à plus de 300,000 lieues au-delà de la terre, et comme la lune n'est éloignée de nous que de 84,000 lieues environ, elle pourra être enveloppée complétement; mais il n'en sera pas de même lorsqu'il y aura éclipse de soleil. Le globe lunaire étant d'un diamètre très petit relativement au soleil, le cône de son ombre ne devra couvrir qu'une partie de la surface de la terre; chacun sait en effet que jamais une éclipse de soleil n'a lieu en même temps pour

toute la terre, et il est facile de voir que telle éclipse de soleil qui sera totale pour un lieu pourrait être invisible dans un autre, quoique le soleil fût au-dessus de l'horizon : seulement, comme la lune passe successivement devant tous les points du disque solaire, qu'elle peut embrasser en raison de son diamètre, elle cache ainsi successivement le soleil à divers peuples de la terre, dans la direction de son mouvement d'occident en orient. Cet effet ressemble absolument à celui de ces nuages qui, poussés par le vent d'occident en orient, dérobent ainsi la vue du soleil aux contrées les plus occidentales, tandis que celles qui sont plus avancées vers l'orient jouissent de toute sa clarté.

Lorsque la lune approche de l'ombre terrestre, sa lumière ne disparaît pas subitement; elle s'affaiblit peu à peu en acquérant ainsi une obscurité de plus en plus intense, et qui diminue ensuite graduellement à mesure qu'elle en sort. On donne le nom de *pénombre* à cette teinte intermédiaire entre la lumière et l'ombre pure. On en détermine les limites au moyen de deux lignes qui, parties des bords supérieur et inférieur du soleil, vont, après s'être croisées, raser la surface de la terre; alors l'angle formé entre les

lignes qui limitent le cône de l'ombre terrestre, et le prolongement de celles qui, parties du bord inférieur de la circonférence du soleil, vont raser le bord supérieur de la terre, en assignent les limites.

Lorsque la lune entre tout entière dans l'ombre terrestre, sa surface est encore éclairée par une lumière rougeâtre et comme cuivrée, provenant de la réfraction des rayons solaires dans l'atmosphère qui environne la terre; en effet, tous les rayons solaires qui n'ont pas été assez réfractés pour arriver à la surface de la terre, où ils seraient absorbés, traversent l'atmosphère et viennent se replier derrière elle comme au foyer d'une lentille; la lune étant privée d'atmosphère, elle ne peut produire un semblable phénomène, et son ombre est toujours extrêmement sombre et noire.

Le retour des éclipses ne se fait qu'après un intervalle de temps assez long: nous avons dit précédemment qu'elles n'arrivaient qu'aux syzygies; la révolution synodique des nœuds ne s'accomplissant qu'en $346^j\ 14^h\ 52'\ 16''$, elle se trouve avec la révolution synodique de la lune dans un rapport d'à peu près 223 à 19. Après une période de 223 lunaisons, le soleil et la

lune se retrouveront donc dans la même position par rapport au nœud lunaire. Cette remarque sert à prédire le retour des éclipses. Les résultats du calcul ont démontré à cet égard qu'il fallait environ 18 ans et demi. Cette période fut connue des Chaldéens, qui s'en servaient pour le même usage, et qui lui donnèrent le nom de *saros*.

Les éclipses ne sont point un phénomène particulier à toutes les planètes : en effet, le volume du soleil, comparativement à chacune d'elles, est si grand, que l'ombre projetée par chacune d'elles ne peut jamais atteindre jusqu'à celle dont elle est la plus voisine : elles n'ont lieu que pour les satellites qui les environnent, et dans les circonstances que nous avons précitées.

L'obscurité profonde qui enveloppe presque subitement les régions terrestres dans lesquelles les éclipses ont lieu, l'apparition instantanée des étoiles, que nous ne voyons briller au firmament que pendant la nuit, le silence universel, effet de la consternation dans laquelle sont plongés tous les êtres vivans, ont toujours produit sur les hommes étrangers à la connaissance de ces phénomènes une terreur profonde. Il suffit de parcourir les annales des divers peuples

qui ont successivement paru sur la surface du globe, pour se convaincre de cette vérité. Les images les plus terribles, les récits les plus effrayans, au-delà de tout ce qu'on peut concevoir, si l'on ne savait ce que produit la frayeur sur les hommes, rien n'est épargné. Plus tard, les peuples s'habituèrent à ces phénomènes, inventèrent des fables plus riantes; telle était celle des Grecs, qui croyaient que Diane descendait sur la terre pour revoir son cher Endymion. Et enfin, maintenant, il n'est pas de peuple un peu civilisé qui n'ait banni cette épouvante ridicule, et qui n'ait écarté des esprits les présages de calamités que des prêtres trompeurs se plaisaient à entretenir, afin de profiter de l'ignorance des hommes.

Des Planètes.

L'aspect de la voûte céleste nous a fait découvrir certains astres qui, emportés comme tous les autres par le mouvement diurne, changeaient de relations avec les étoiles fixes, auxquelles ils correspondaient à une certaine époque : ce sont les *planètes* ou *étoiles errantes*, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut. On en compte actuellement onze, qui sont Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Cérès ou Piazzi,

Pallas ou Olbers, Junon ou Harding, Vesta, Jupiter, Saturne, Uranus ou Herschell; toutes, placées à des distances infiniment plus rapprochées de nous que les étoiles, circulent autour du soleil, en décrivant des courbes elliptiques dont le foyer commun est occupé par l'astre de qui elles empruntent leur lumière.

Les traces de la plupart des révolutions planétaires sont comprises dans une zône céleste à laquelle on a donné le nom de *zodiaque;* sa largeur, d'environ 18 degrés, est divisée en deux parties égales par le plan de l'écliptique céleste, en sorte que l'on peut parvenir à mesurer l'élévation de la plupart des planètes au-dessus de ce plan, occupé par le soleil. Cette zône suffisait, il est vrai, aux anciens, pour comprendre l'écartement des planètes qu'ils connaissaient; mais la découverte de celles qui sont plus nouvelles a fait voir qu'elle était insuffisante; car Cérès, Junon, et surtout Pallas, vont au-delà des limites qu'on lui avait assignées. Les *signes* du zodiaque, au nombre de douze, divisent en douze parties égales, de 30° chacune, la circonférence entière de l'écliptique. Ils ont reçu les noms suivans:

Printemps.

0° le Bélier ♈, 0 signes.
30° le Taureau ♉, 1.
60° les Gémeaux ♊, 2.

Été.

90° l'Écrevisse ♋, 3 signes.
120° le Lion ♌, 4.
150° la Vierge ♍, 5.

Automne.

180° la Balance ♎, 6 signes.
210° le Scorpion ♏, 7.
240° le Sagittaire ♐, 8.

Hiver.

270° le Capricorne ♑, 9 signes.
300° le Verseau ♒, 10.
330° les Poissons ♓, 11.

Pour aider la mémoire, on a compris ces douze signes en deux vers latins; ces noms viennent dans l'ordre où le soleil y parcourt les signes:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Areitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Explication de la dénomination des signes du zodiaque.

Il est curieux, en remontant à l'origine de cette dénomination, de voir que des noms adoptés généralement par tous les peuples qui s'occupent aujourd'hui d'astronomie, et qui n'ont pour eux qu'une valeur de convention, ont été le résultat de comparaisons faites par les Égyptiens entre les phénomènes célestes et les phénomènes terrestres, dont la plupart sont purement locaux et appartiennent exclusivement à une partie de leur pays.

Nous avons vu que le zodiaque était un grand cercle céleste composé de plusieurs groupes d'étoiles; que la terre tournant autour du soleil, on voyait successivement ces astres correspondre à chacun de ces groupes ou signes. Or, pour faciliter leurs observations, les Égyptiens ont imaginé de désigner chaque signe par un nom pris dans ce qui caractérisait en Égypte l'époque pendant laquelle le soleil paraissait se placer devant ce signe; ainsi, par exemple, lorsque le soleil est par rapport à la terre vis-à-vis le groupe d'étoiles appelé *les Poissons*, l'inondation de l'Egypte par les eaux du Nil est complète, et les

poissons se promènent sur toutes les terres recouvertes par les eaux; de sorte que cette désignation des signes du zodiaque n'a réellement de valeur que pour l'Égypte, puisque les autres pays n'offrent plus les mêmes circonstances physiques que ce berceau de l'astronomie.

Nous allons nous servir du beau travail fait par l'Institut d'Égypte, pour donner l'étymologie explicative des noms des différens signes du zodiaque en langue grecque, copte, arabe et latine.

1°. *Signe du Capricorne. Caper.*

C'est le premier mois d'été; il va du 20 juin au 20 juillet environ.

En grec. Επιφι, ἐπηφὶ (d'après Alberti, *Fabricii menologium*).

Copte. *Epep* (*Lexicon ægyptiano-latinum* de Lacroze).

Arabe. *Hebhébi, hebhéb.*

Latin. La définition de ces différens noms peut être ainsi conçue: *Caper, dux gregis, qui cœpit, species apparens aquæ, evigilatio, motio huc et illuc, aurora.*

Le verbe arabe *hebheb* ou *habeb* signifie *cœpit, evigilavit, experrectus fuit è somno, flavit ventus,*

vacillavit, huc et illuc motus fuit, insiliit in favellam.

Voici maintenant l'explication des phrases latines qui servent de traduction aux idées exprimées par les mots coptes et arabes qui servent à désigner le signe du capricorne.

Caper nomme le capricorne l'un des douze signes du zodiaque.

Dux gregis, qui cœpit. Le capricorne ouvre et commence l'année; il est le chef des animaux célestes, comme sur la terre il est celui du troupeau dont il fait partie.

Species apparens aquæ, naissance de la crue du Nil, qui n'est ordinairement appréciable que dix jours après le solstice.

Qui evigilavit, qui experrectus fuit è somno, désigne le plus long jour; le soleil ou l'animal qui le représente est éveillé, et réveille à l'heure consacrée au sommeil dans les autres saisons.

Qui vacillavit, qui hac et illuc motus fuit, mouvement d'hésitation du soleil arrivé au solstice.

Qui flavit ventus, vents du nord qui soufflent pendant 15 jours à cette époque. L'almanach des Égyptiens en annonce l'arrivée.

Aurora : Ceci prouve que l'année égyptienne

commençait à l'aurore du caper, à la naissance du premier jour d'été ; enfin, suivant Hérodote, Epiphi ou Epêphi était probablement l'un des douze dieux astronomiques des Égyptiens, car il dit, liv. II, chap. 38, que les bœufs appartenaient à ce dieu.

2°. *Signe du Verseau.*

Le Verseau était le deuxième mois de l'été, et durait du 20 juillet au 20 août.

Grec. Μεσορι, Μεσσορι, Μεσωρὶ, Μεσορη, *Menolog.*

Copte. *Mésoré.*

Arabe. *Mesour, mîsr, vas aquæ paulatim lac suum reddens.*

Le verbe arabe *meser* se traduit par *præbuit paulatim, emulsit quidquid esset in ubere.*

L'addition de l'*y* final, qui personnifie *mesouri*, signifie *aquarius.*

Paulatim lac suum reddens, etc., conviennent parfaitement à la peinture du verseau dans les zodiaques d'Essori et de Denderah, où le vase, à peine penché, laisse écouler peu à peu l'eau qu'il contient.

Emulsit quidquid in ubere. C'est à peu près durant ce mois que les sources du Nil donnent tout

ce qu'elles doivent verser d'eau. Les Égyptiens regardaient ce liquide comme aussi doux et aussi fertile que le lait. L'inondation va en croissant dans ce mois.

3°. *Signe des Poissons.*

Les Poissons, troisième mois, du 20 août au 20 septembre.

Grec. Τωθ, Φωυθ, Φωφι, φφω.

Copte. *Thoout.*

Arabe. *Touhout. Ambulatio piscis, incessus, reciprocatus ultrò retròque in se rediens.*

Le verbe arabe *tona, peragravit regionem, opplevit puteum.*

Le verbe de *hout*, poisson, *hat circumnatavit.*

L'*ambulatio, etc.*, nous montrent les poissons qui vont et reviennent dans les eaux qui couvrent le pays.

Opplevit puteum, désigne l'inondation remplissant tous les lieux bas, car elle est répandue sur toute l'Égypte; enfin, la fête d'Isis a été placée au commencement de ce mois, parce que c'est seulement alors que l'on célèbre la fête du Nil à l'ouverture des digues. Voilà pourquoi il a été nommé quelquefois *fotouh*, *apertura per terræ superficiem fluentis aquæ*, ouverture des digues.

Un passage de Sanchoniaton, conservé par Philon, dit que *messori* a donné naissance à *thoth*, et nous voyons qu'en effet c'est *messori* ou la crue du Nil qui produit *touhout*, l'expansion des eaux à la surface de l'Égypte, où se promènent les poissons.

4°. *Signe du Bélier.*

Le Bélier est le premier mois d'automne; il commence au 20 septembre et finit le 20 octobre.

Grec. φαωφι, παοφι, παωφι.

Copte. *Paopi.*

Arabe. *Fofo, foafi, hædus velox, vox quâ greges increpantur.*

Le verbe arabe se rend par *increpuit gregem dicens fafa.*

Le verbe hébreu *fafa* signifie *obtenebrescere.*

Vox quâ greges increpantur. Comme les eaux se retirent, le bélier conduit de nouveau au pâturage les troupeaux retenus captifs pendant l'inondation.

Obtenebrescere. Le jour diminue de plus en plus, comme il arrive au mois commençant par l'équinoxe d'automne.

5°. *Signe du Taureau.*

Le Taureau, deuxième mois d'automne, du 20 octobre au 20 novembre.

Grec. Αθωρ, αθορι. (θωωρ Eusèbe.)

Copte. *Athor.*

Arabe. *Thaur, athour, taurus tauri.*

Le verbe *athor, aravit, submovit terram.*

On ne laboure en Égypte que lorsqu'on a achevé de semer dans les autres pays, dans le mois de novembre.

6°. *Signe des Gémeaux.*

Les Gémeaux, troisième mois d'automne, du 20 novembre au 20 décembre.

Grec. Χοακ, χοιακ, χοακχ, Κηκος.

Copte. *Choïak.*

Arabe. *Chouk, amore flagrantes, amatores.*

Dans les zodiaques égyptiens, ce sont un jeune homme et une jeune fille; pendant ces mois, les grains s'échauffent et germent : c'est imparfaitement que ce signe a été nommé par les Grecs διδυμοι.

7°. *Signe du Cancer.*

Le Cancer est le premier mois de l'hiver, du 20 décembre au 20 janvier.

Grec. Τυβι.

Copte. *Tobi.*

Le verbe *teby, amovit, avertit.* Le verbe *teb, reversus, conversus fuit, respuit.*

Ces racines caractérisent bien le mouvement rétrograde du soleil au solstice d'hiver.

8°. *Signe du Lion.*

Le Lion, deuxième mois de l'hiver, du 20 janvier au 20 février.

Grec. Μεχιρ, Μεχειρ, Μεχος.

Copte. *Chery* ou *mechéry.*

Le verbe *cher, acquisivit, collegit; mecher pars segetis,* ou *mecher protulit frondes, ramos; amcher, plantas suas extulit terrâ inflatus, turgidus fecit.*

C'est en février que la terre présente le plus bel aspect en Égypte : une partie des récoltes commence déjà; c'est par le roi des animaux qu'ils ont peint la force et la magnificence de la nature.

9°. *Signe de la Vierge.*

La Vierge, troisième mois d'hiver, du 20 février au 20 mars.

Grec. Φαμενωθ.

Copte. *Famenoth.*

Arabe. *Faminoth. Mulier feconda et pulchra quæ vendit spicam, frumentum, et quod portatur inter duos digitos.*

Ce mot est composé de *famij*, qui vend des épis, des graines de toutes sortes, dont l'épi ou la tige peut être portée entre deux doigts, et de *enoth*, femme belle, féconde; dans les zodiaques égyptiens, *famenoth* ou la femme féconde tient un épi à la main. Ce qui a induit les Grecs en erreur pour παρθενος, c'est que le mot égyptien veut dire doué de beauté; mais aussi il emporte l'idée de fécondité.

10°. *Signe de la Balance.*

La Balance, premier mois du printemps, du 20 mars au 20 avril.

Grec. Φαρμουθι.

Copte et arabe. *Faramour, mensura, regula confecta temporis.*

Ce mois répond à l'équinoxe du printemps, et à l'égalité des jours et des nuits.

11°. *Signe du Scorpion.*

Le Scorpion, deuxième mois du printemps, du 20 avril au 20 mai.

Grec. Παχων.

Copte. *Pachous.*

Arabe. *Bachony, venenum, aculeus Scorpionis, prostravit humi venenum aculeus Scorpionis.*

Ce mot est composé de *bach, prostravit, humi stravit*, qui, dans toutes les langues orientales, signifie *putruit, lœsit, pravus fuit* ou *putrido, malum, morbus*, et de *honniy, venenum, aculeus scorpionis et terror.* Ce qui caractérise le second mois de l'équinoxe du printemps, où la chaleur donne l'essor aux bêtes venimeuses, et développe les maladies et la peste. La racine *hama* signifie aussi *ferbuit dies;* les jours deviennent brûlans.

12°. *Signe du Sagittaire.*

Le Sagittaire, troisième mois du printemps, du 20 mai au 20 juin.

Grec. Παῦνι, παυνι.

Copte. *Paons.*

Arabe. *Faync* ou *fenni, extremitas seculi temporis, horæ. Faijnan, fenan, nomen equi; onager varii cursus.*

La racine *fann* signifiait *propellit, impulit; faijni* signifie *propulsator, impulsator.*

Extremitas. Dernier nom de l'année égyptienne.

Nomen equi. Onager, nom d'un quadrupède.

Propulsator indique son action. Dans le zodiaque égyptien, l'image de cet animal a le corps d'un quadrupède, une tête à deux faces, une de lion, une d'un homme armé prêt à lancer une flèche. Il semble pousser en avant les animaux qui le précèdent et arrêter ceux qui le suivent. Tout indique qu'il va atteindre le but vers lequel il tend, et que sa course s'achève.

Après la digression que nous venons de faire au sujet du zodiaque, et qui ne peut manquer d'intéresser nos lecteurs à cause des discussions qui ont eu lieu sur ce sujet, il est bon de terminer ce que nous avions déjà commencé sur les planètes en général. On les a distinguées d'après leur position relativement à la terre en *inférieures* et en *supérieures*. C'est parmi ces dernières que se trouvent toutes celles qui ont été découvertes par les modernes : ce sont les quatre qui sont comprises entre Jupiter et Mars et la plus éloignée. On les a toutes désignées sous le nom de *télescopiques*, parce qu'en effet elles ne sont visibles qu'à l'aide du télescope.

Les distances des planètes à l'égard les unes des autres offrent des rapports numériques très singuliers; si, en effet, on double successivement les nombres 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192;

si ensuite on leur ajoute le nombre 4 de manière à ce qu'on ait pour correspondant 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, ces dernières quantités exprimeront l'ordre d'éloignement des planètes avec assez de régularité. Ce fut à l'aide de ces rapports que Kepler, chez lequel le sentiment de ces mêmes rapports était si développé, ayant aperçu entre les nombres 28 et 52 une trop grande différence, osa prédire la découverte des nouvelles planètes, et ce fut en effet d'après ce soupçon que les astronomes qui en firent la recherche, se guidèrent. Kant lui-même, ce métaphysicien, avait également senti cette différence, et avait confirmé la prédiction de Kepler.

Des Planètes inférieures.

On appelle ainsi celles qui parcourent une orbite comprise entre le soleil et celle de la terre; elles sont au nombre de deux, savoir : Mercure et Vénus.

De Mercure ☿.

Lorsqu'on examine attentivement le ciel du côté de l'occident, après le coucher du soleil, on aperçoit quelquefois un corps lumineux, extrêmement petit, qui, parvenu à une certaine distance, semble rester immobile, puis disparaître après quelques jours. D'autres fois, si l'on

fixe ses regards sur la région opposée du ciel, on distinguera un astre semblable qui précède le lever du soleil d'un petit nombre de degrés : il augmente chaque jour de grandeur, et enfin se rapproche tellement du soleil qu'il finit par se perdre complétement au milieu de ses rayons. Cette planète, qui est la plus rapprochée du soleil, se nomme *Mercure*. Le peu de durée de son apparition provient de son voisinage du soleil, dont elle ne paraît s'écarter que de 16° à 29°. Si l'on a recours au télescope pour l'observer, on la voit présenter successivement les mêmes apparences que la lune, se montrer dans les quadratures, sous forme de croissant dont la convexité correspond toujours au soleil : c'est donc à cet astre qu'elle emprunte sa lumière, comme le font toutes les autres planètes. Il suit de là que toutes les fois qu'elle est placée au-delà du soleil ou dans les conjonctions supérieures, elle doit tourner vers nous sa face lumineuse, et nous avons plein Mercure comme nous avions pleine lune. Ce sera le contraire lorsqu'elle sera interposée entre nous et le soleil ; elle devra même nous cacher une partie du disque de celui-ci lorsqu'elle sera à son point d'intersection avec l'écliptique, et que la ligne qui joindra son centre

à celui du soleil passera également par le centre de notre globe; mais la petitesse de cette planète, son voisinage du soleil et sa distance relativement à nous, qui en rendent l'observation si difficile, nous empêche le plus souvent d'être témoins de ce phénomène, qui ne se présente qu'après des périodes de 6, 7, 13, 46 et 263 ans.

L'emploi du télescope a fait reconnaître que cet astre offrait un côté de son croissant tronqué; et comme cette irrégularité ne revenait qu'après $24^h\ 5'\ 3''$, on en a conclu sa rotation sur son propre axe pendant le même espace de temps. On croit qu'il est environné d'une atmosphère extrêmement épaisse. Newton, en calculant la quantité de chaleur qu'il pouvait recevoir, a reconnu qu'elle devait être environ sept fois plus considérable que celle du globe au milieu de l'été, ce qui équivaut à une température plus élevée que celle de l'eau bouillante. Dans ce calcul, Newton supposait les circonstances les mêmes pour Mercure que pour la terre; mais il pourrait très bien se faire qu'elles fussent différentes, et nous ne sommes pas assez instruits sur ce qui est relatif à la production de la chaleur, pour juger de celles des différentes planètes qui peuvent, par une constitution particu-

lière, modifier l'action solaire de manière à en développer plus ou moins. On croit que Mercure est hérissé de montagnes, qui ont, dit-on, 8000 toises d'élévation.

La forme de Mercure est celle d'un corps parfaitement sphérique, dont le diamètre est les $\frac{2}{7}$ de celui de la terre; son diamètre apparent, d'environ 7″, varie suivant ses positions; le plan de son équateur est extrêmement incliné par rapport à son orbite, qu'il parcourt en 87^{j} 23^{h} 25′ 44″, avec une vitesse de 40,000 lieues par heure; la forme de son orbite est celle d'une ellipse très excentrique, qui demeure toujours renfermée dans celle de la terre. La distance de cet astre au soleil est de 13,361,000 lieues.

De Vénus ♀.

Vénus, la plus brillante de toutes les planètes, et qui pour cette raison avait reçu des anciens le nom de la plus belle de leurs déesses, se montre à nous absolument sous les mêmes apparences que Mercure; seulement, comme elle est plus éloignée du soleil, elle demeure plus long-temps exposée à nos regards; c'est elle que nous apercevons, tantôt après le coucher du soleil, tantôt avant son lever, et que les anciens,

qui la regardaient comme deux astres différens, nommaient *Lucifer*, *phosphore* ou *étoile du jour*, et *Vesper* ou *étoile du soir*, suivant qu'elle prenait la dernière ou la première de ces positions.

Lorsqu'on l'examine à l'aide d'une bonne lunette, on lui reconnaît une forme à peu près sphérique; elle a offert aussi plusieurs fois des taches et des aspérités qui, interceptant sa lumière, ont donné une forme tronquée aux cornes de son croissant. L'intervalle de temps écoulé entre deux retours consécutifs d'une même troncature a permis de conclure qu'elle avait une rotation sur son axe qui s'accomplissait en 23 h. 21′ 19″; d'après les observations d'Herschell, il résulterait que cette planète est hérissée de montagnes trois ou quatre fois plus élevées que celles de la terre. Un astronome allemand, Schrœter, ayant calculé la loi de la dégradation de la lumière, a prétendu que Vénus était enveloppée d'une atmosphère formée de fluides élastiques très denses.

L'orbe de Vénus, incliné de 3° 24′ sur l'écliptique, est une ellipse qui n'embrasse jamais la terre; car si cela était, celle-ci s'interposant entre Vénus et le soleil, il y aurait opposition; mais on n'a jamais rien vu de semblable. Ses os-

cillations autour du soleil ou ses élongations sont toujours à peu près de même étendue. Lorsque Vénus a atteint le point de sa courbe, situé au-dessous du soleil, relativement aux habitans de la terre, son diamètre apparent est très petit et de 30″ seulement; mais lorsqu'elle s'est rapprochée de la terre, il devient considérablement plus grand, et va jusqu'à 184″. Cet astre se place quelquefois comme Mercure au-devant du soleil, et forme sur son disque une tache ronde et noire : c'est alors que son diamètre apparent a la plus grande étendue. La durée de sa révolution est de 224 jours 16 heures 49′; sa distance moyenne relativement au soleil est de 25 millions de lieues.

Les conjonctions de Vénus et du soleil n'ont lieu dans les mêmes points du ciel qu'une fois tous les huit ans à très peu près; la durée du passage de Vénus sur le soleil est un moyen dont les astronomes se servent pour déterminer avec précision sa distance, et cette longueur sert ensuite d'échelle pour mesurer les autres distances planétaires et la parallaxe du soleil.

Planètes supérieures.

Les planètes dont nous allons nous occuper

maintenant ont été appelées supérieures parce qu'elles sont à une plus grande distance du soleil que la terre ; leur mouvement apparent présente les plus grandes inégalités : tantôt il paraît s'exécuter dans le même sens que celui de la terre autour du soleil, d'occident en orient ; tantôt c'est dans un sens contraire : si l'on détermine chaque jour leur déclinaison et leur ascension droite, ou les voit varier de jour en jour ; leurs plans prennent également des inclinaisons très différentes par rapport au plan de l'écliptique ; s'entrecoupent en des nœuds divers, et comme elles sont toutes à une plus grande distance du soleil que la terre, les phénomènes d'opposition et de conjonction que nous avons reconnu se produire dans les mouvemens de la lune, se manifestent de nouveau ici ; c'est-à-dire qu'à certaines époques la terre s'interpose entre elles et le soleil, de manière que la face lumineuse correspond à ce dernier astre, tandis que dans d'autres cas, cette même face est tournée vers la terre ainsi que vers le soleil.

C'est aussi dans les planètes supérieures que l'on trouve les planètes secondaires ou satellites, décrivant autour des planètes primaires, qu'elles suivent dans leurs révolutions, des courbes d'un

très petit diamètre relativement à elles. La lune nous a déjà offert un exemple semblable : ce n'est réellement qu'un satellite de la terre.

Mars ♂.

Cette planète est la plus rapprochée de la terre, au-dessus de laquelle elle est immédiatement située; elle présente constamment au télescope un disque à peu près arrondi, sans jamais être échancré comme celui de Vénus; du reste, cette forme est très variable; elle est, dit-on, circulaire dans les oppositions et les conjonctions; dans les positions intermédiaires, elle diminue peu à peu, et devient réellement ovale. La lumière qu'elle nous envoie est obscure et comme cuivrée; ce qui a fait penser qu'elle était environnée d'une atmosphère très épaisse. On y aperçoit des bandes blanches qui changent successivement de dimension, et qui finissent par disparaître. L'axe de cette planète étant incliné sur son orbite de 61° 33′, les variations des saisons ne doivent point être fort sensibles; les jours et les nuits y sont toujours à peu près de même longueur, et la température presque constamment la même. On présume que cette constance de chaque parallèle de conserver la même

température est favorable à la formation des glaces, qui, en nous réfléchissant la lumière plus fortement que les autres parties, nous donnent l'image de ces bandes blanches que nous y apercevons. On a reconnu également par leur moyen la révolution de cette planète sur son axe : sa durée est à peu de chose près celle de notre globe : elle est de 24 heures 3′ 22″.

Sa distance du soleil est de 53 millions de lieues; elle ne reçoit guère que les $\frac{4}{9}$ de la chaleur et de la lumière que nous recevons nous-mêmes.

L'ellipse de Mars est très excentrique; elle forme avec celle de notre globe un angle de 1° 51′, 1; le temps qu'il met à la parcourir dans son entier est de 686 jours 23 heures 30′ 41″, 4. Dans ce mouvement les variations de son diamètre apparent sont très grandes; sa plus grande valeur est de 90″, et sa plus petite de 18″; les distances correspondantes sont entre elles dans le rapport de 18 à 90, ou de 1 à 5; il suit de là que quand Mars est au point de son orbite le plus rapproché de la terre, ou à son opposition, il est une fois plus voisin que dans le cas contraire, c'est-à-dire à sa conjonction.

Dans les oppositions, cette planète étant à

près de la moitié de la distance du soleil à la terre, sa surface devient extrêmement brillante, c'est ce qu'on observa en effet en 1719, où elle était à la fois à son périhélie et en opposition.

Des quatre planètes nouvelles, Junon, Cérès, Pallas et Vesta.

Ces quatre planètes, dues aux découvertes des modernes, sont placées entre Mars et Jupiter. Ces planètes sont assez remarquables; en effet, en les comparant aux autres, on trouve qu'elles sont toutes très petites, quoiqu'on ne puisse donner encore rien de positif à cet égard, car lorsqu'on consulte les divers auteurs qui en ont parlé, on les voit offrir tous des résultats différens : elles sont également à des distances à peu près égales ou du moins très rapprochées les unes des autres; il en est même dont les orbites s'entrecoupent mutuellement; l'inclinaison de leur plan sur l'écliptique est très considérable généralement. Toutes ces considérations ont fait émettre une opinion extrêmement hardie et en même temps très probable, c'est qu'une comète sans doute était venue frapper la planète unique qui existait entre Mars et Jupiter, et l'avait brisée en 4 parties, qui, ensuite abandonnées à elles-

mêmes, avaient pris des routes différentes dans l'espace.

Junon, trouvée en 1804 par Harding, a, selon Schroeter, un diamètre de 475 lieues. Elle accomplit sa révolution autour du soleil dans une orbite inclinée de 23° 4′ $\frac{1}{2}$ sur l'écliptique, en 4 ans et 128 jours; elle est éloignée du soleil de 92,000,000 de lieues environ.

Cérès fut de toutes ces planètes celle qui fut découverte la première par Piazzi, le 1er janvier 1801. Située à une distance de 95,000,000 de lieues environ du soleil, elle achève sa révolution autour de lui en quatre ans et demi, dans un orbe incliné de 10° 37′ 25″; son diamètre, de 50 lieues selon Herschell, et de 475 selon Schroeter, n'est pas connu bien exactement. Son apparence est celle d'une étoile nébuleuse, environnée de brouillards très variables.

Pallas, observée par Olbers le 28 mars 1802, est à peu près à la même distance du soleil que la précédente; elle est à 96,000,000 de lieues environ. De toutes les planètes, c'est celle dont l'inclinaison sur le plan de l'écliptique est le plus considérable; elle est de 34° 37′ 30″; selon Schroeter, son diamètre serait de 700 lieues; selon Herschell, au contraire, il n'aurait que

50 lieues; son orbite est extrêmement allongée, et se croise avec celle de la planète précédente: elle la décrit en 4 ans 7 mois et 11 jours.

Vesta, découverte en 1807 par Olbers, parcourt, en 3 ans 66 jours 4 heures, son orbite, qui paraît fort irrégulière, et dont l'inclinaison a été estimée 7° 8′ seulement. Du reste, tout ce qu'on connaît au sujet de cette planète est très peu de chose.

De Jupiter ♃ et de ses satellites.

Jupiter, la plus grosse de toutes les planètes, circule autour du soleil dans une orbite intermédiaire entre Mars et Saturne. Son éclat, quelquefois plus brillant que celui de Vénus, la rend extrêmement remarquable. Sa grosseur est 1281 fois celle de la terre. Son axe, presque perpendiculaire sur son orbite, est incliné de 86° 47′ 36″; il suit de là que le soleil est presque continuellement dans le plan de son équateur, qu'il doit y avoir un printemps perpétuel et que les nuits sont toujours à peu près égales aux jours. Sa rotation sur son axe est extrêmement rapide, et s'accomplit en 9^h 56′.

Si, en vertu de sa rotation sur son axe, la terre a dû éprouver un renflement à l'équateur

et un aplatissement aux pôles, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, il est facile de concevoir que si les idées que nous avons émises sur ce sujet sont justes, Jupiter, qui est animé d'une vitesse de rotation sur son axe si rapide, devra présenter ces résultats d'une manière plus prononcée. On trouve, en effet, qu'elle est aplatie d'un 13e sous les pôles, tandis que la terre ne l'est que d'un trois cent neuvième.

On n'a point reconnu de phases dans Jupiter, parce que la distance de cette planète à la terre est tellement considérable, qu'elle doit toujours paraître pleine à un observateur situé à sa surface; à plus forte raison devra-t-il en être de même pour Saturne et Uranus.

Quoique 1281 fois aussi volumineuse que la terre, sa densité est à peine le quart de celle de cette planète. Cette circonstance très remarquable semble confirmer l'opinion de Buffon sur l'incandescence primitive des planètes; cet illustre naturaliste a même osé avancer que la fusion de cette planète durerait encore 160,000 ans.

Lorsqu'on observe Jupiter à l'aide d'un télescope, il se montre toujours accompagné de trois ou quatre petits corps lumineux qui se déplacent successivement autour de cette pla-

nète, et apparaissent à des distances différentes de son disque : on les appelle satellites. Lorsqu'ils viennent à passer au-devant de la surface éclairée de Jupiter, on reconnaît qu'ils projettent sur lui une ombre plus ou moins considérable, suivant la distance et la grosseur de chacun d'eux; il y a donc une véritable éclipse de soleil pour les habitans de cette planète. Cette observation nous démontre évidemment que ni la planète ni ses satellites ne sont lumineux par eux-mêmes. Lorsqu'en vertu de leur mouvement circulaire, ceux-ci sont parvenus derrière Jupiter, on les voit successivement disparaître, et ces *éclipses des satellites* de Jupiter sont fort utiles aux marins pour la détermination de leur longitude.

On conçoit aisément que cette disparition pourra encore avoir lieu sans que pour cela ces satellites passent derrière le corps même de la planète; il suffit qu'ils s'engagent dans son ombre; ces disparitions ne sont pas rares, et elles varient nécessairement avec la position du soleil; ainsi, lorsqu'il sera à l'orient, elles auront lieu à l'occident; ce sera le contraire si sa situation est à un point opposé du ciel. Quelquefois les satellites reparaissent du même côté où ils

avaient été éclipsés ; ils se retrouvent tous dans la même position relative après 437 jours. Les orbites dans lesquelles ils accomplissent leur révolution sont à peu près dans le plan de l'équateur. Les trois premiers paraissent se mouvoir dans des plans très peu différens, le quatrième seul est un peu plus écarté. Le premier, ou le moins distant de la planète, s'éclipse régulièrement toutes les $42^h\ 28'\ 8''$; les éclipses du second ne reviennent guère que toutes les $85^h\ 18'$; celles du troisième tous les $7^j\ 4^h$; enfin, celles du quatrième, tous les 17 jours. Ces éclipses n'arrivent point indifféremment dans quelque position que ce soit. On a remarqué, en effet, qu'elles n'avaient jamais lieu d'orient en occident, mais lors de leur retour d'occident en orient ; il s'ensuit donc que ces satellites circulent dans le sens de toutes les planètes qui composent notre système planétaire, fait qui est sans contredit un des plus remarquables du système du monde.

Les orbites que chaque satellite parcourt sont à très peu près circulaires ; on n'a reconnu d'excentricité que dans celles du troisième et du quatrième satellite ; elle est surtout très sensible chez ce dernier.

Herschell, en examinant attentivement les sa-

tellites au télescope, s'est aperçu que l'intensité de leur lumière offrait des variations périodiques, et en calculant les époques auxquelles leurs faces sont tournées vers nous, a pu déterminer la durée de leur révolution sur leur axe; il a trouvé qu'ils tournaient toujours la même face vers Jupiter, et faisaient ainsi un seul tour entier sur leur axe, pendant qu'ils parcouraient leur orbite entière; ce qui confirme, d'une manière évidente, leur analogie avec la lune. Maraldi était déjà arrivé à la même conséquence pour le quatrième satellite, en suivant les retours d'une même tache observée sur son disque.

De Saturne ♄, *de son anneau et de ses satellites.*

Saturne, examiné à l'œil nu, se montre à nous sous l'apparence d'un corps dont la lumière terne et plombée rend l'observation très difficile. On dirait une étoile nébuleuse, et l'erreur devient d'autant plus aisée que son mouvement étant extrêmement lent, on le prendrait pour une étoile fixe. A l'époque de son opposition, sa lumière devient beaucoup plus étincelante : il est alors facile à distinguer. Herschell y a découvert, au moyen du télescope, une série de bandes pa-

rallèles à l'équateur, à l'aide desquelles il détermina son mouvement de rotation sur lui-même, qui est de 10 heures et demie; l'aplatissement des pôles qui en résulte est tel, que l'axe des pôles est plus petit de $\frac{1}{11}$ que celui de l'équateur.

Cette planète, qui est 900 fois plus grosse que la terre, est éloigée du soleil de 329 millions de lieues. Le temps qu'elle met à parcourir son orbite est de 29 ans 5 mois 14 jours; celui-ci a une inclinaison sur l'écliptique de $2^{\circ}\frac{1}{2}$.

Ainsi que Jupiter, Saturne est accompagné de satellites; mais ils sont bien plus nombreux; on en compte sept: six se meuvent à peu près dans le plan de l'équateur, le septième est le seul qui s'en écarte d'une manière sensible. L'inclinaison de son orbe est d'environ 30°; on a reconnu qu'il ne faisait qu'un seul tour sur son axe pendant une révolution entière. La difficulté d'observer les autres, à cause de leur distance considérable, a empêché les observateurs de déterminer s'ils étaient soumis à la même loi; mais l'analogie doit aisément conduire à l'admettre.

..

La durée de la révolution de chacun d'eux est assez différente.

Le premier opère sa révolution moyenne sidérale en $22^h\ 37'\ 23''$, à la distance de 39,878 lieues du centre de Saturne; le second en $1^j\ 8^h\ 53'\ 9''$, à la distance de 51,165 lieues; le troisième en $1^j\ 21^h\ 18'\ 26''$, à la distance de 63,844 lieues; le quatrième en $2^j\ 17^h\ 44'\ 51''$, à la distance de 81,140 lieues; le cinquième en $4^j\ 12^h\ 25'\ 11''$, à la distance de 113,335 lieues; le sixième en $15^j\ 22^h\ 41'\ 14''$, à la distance de 262,086 lieues; le septième en $79^j\ 7^h\ 54'\ 37''$, à la distance de 765,513 lieues.

Saturne, si remarquable déjà par le nombre de ses satellites, se distingue encore par un phénomène qui n'a point d'analogue dans tout le système planétaire: il consiste dans la présence d'une bande lumineuse située dans le plan de l'équateur, auquel elle forme une sorte de ceinture, que l'on aperçoit à l'aide d'un télescope. Lorsque Saturne vient à se déplacer, cette ceinture, d'abord si apparente, se rétrécit peu à peu sous forme d'une ligne lumineuse, qui finit par se dérober aux regards de l'observateur. Saturne semble alors tout-à-fait arrondi; quelque

temps après cette bande annulaire se montre de nouveau, d'abord peu apparente; elle s'élargit successivement, et l'on distingue entre elle et sa planète une partie du ciel parsemée d'étoiles; elle est donc à une certaine distance de Saturne. Ces singulières apparences, qui reviennent constamment à des époques déterminées, sont dues aux diverses inclinaisons que le globle de Saturne prend par rapport à nous lors de son mouvement de translation dans sa courbe elliptique. Toutes les fois que le soleil et la terre se trouveront d'un même côté de ce plan, son anneau devra nous paraître lumineux; mais s'il prend, relativement à ces deux corps, une position intermédiaire, il nous sera impossible de le distinguer, à moins qu'il ne soit lumineux par lui-même; or l'observation confirme que, dans la circonstance que nous venons d'indiquer en dernier lieu, son anneau ne nous paraît jamais éclairé: il est donc opaque. Lorsque le prolongement du plan de l'anneau passe par le centre de la terre, nous ne devons plus l'apercevoir, parce qu'il ne nous offre que sa tranche, qui est extrêmement mince. C'est en effet ce qui arrive lorsqu'on se sert de lunettes ordinaires; mais si l'on a recours à des télescopes doués d'un pouvoir grossissant très

considérable, cette tranche paraît encore comme un filet lumineux dont l'épaisseur soustend à peine une seconde sexagésimale; mais à cette distance, une seconde répond à une épaisseur de 1,500 lieues.

Ces apparences reviennent après des périodes d'à peu près 15 ans, mais avec quelques modifications. L'anneau disparaîtra en 1832, en 1848, en 1862, 1878, 1891. Il résulte, des observations des astronomes, que le plan de l'anneau reste constamment parallèle à lui-même sur l'orbite de Saturne, et par conséquent sa trace sur le plan de l'écliptique doit toujours faire avec la trace de l'orbite un angle constant.

Lorsqu'on emploie les lunettes les plus parfaites d'exécution, on reconnaît sur la surface de l'anneau, des lignes noires concentriques, qui paraissent former plusieurs séparations; mais on distingue surtout deux anneaux, dont Herschell a calculé les dimensions. Selon cet astronome, le diamètre intérieur du plus petit anneau serait de 48,782 lieues, et son diamètre extérieur de 61,464 lieues; le diamètre intérieur du plus grand aurait pour longueur 63,416 lieues, et le diamètre extérieur 68,294. Il y aurait donc, d'après cela, entre Saturne et la circonférence

interne de l'anneau postérieur, une distance de 14,444 lieues.

Quelques taches répandues sur la surface de cet anneau ont servi à Herschell pour déterminer sa rotation sur son axe, dont la durée est de 10 heures^{h} 29′ 16″; l'axe de rotation est perpendiculaire à son plan, et est le même que celui de Saturne.

La durée de cette rotation, qui paraît précisément celle d'un satellite qui aurait pour orbite la circonférence moyenne de l'anneau, a servi à M. Biot à expliquer comment l'anneau de Saturne peut se soutenir autour de cette planète sans la toucher, ou du moins à ramener le fait à la cause générale qui soutient ainsi tous les satellites.

En effet, dit cet illustre savant, on peut considérer chaque particule de l'anneau comme un petit satellite de Saturne, et l'anneau lui-même comme un amas de satellites liés entre eux d'une manière invariable. Si ces corps étaient libres et indépendans les uns des autres, leurs vitesses varieraient avec leur distance au centre de la planète; les plus voisins de ce centre iraient plus vite, les plus éloignés, plus lentement; et

si l'on prend pour terme moyen la vitesse qui convient à la circonférence moyenne de l'anneau, les vitesses des autres particules s'en écarteraient, soit en plus, soit en moins, d'une égale quantité. Maintenant, si les particules viennent à s'unir et à s'attacher les unes aux autres pour former un corps solide, il se fera une sorte de compensation entre leurs mouvemens; les plus rapides communiqueront aux plus lentes une partie de leur vitesse, qui, à leur tour, communiqueront, en échange, une partie de leur lenteur, et ces efforts opposés se faisant mutuellement équilibre, il ne restera que le mouvement moyen, commun à toutes les particules, et qui sera celui de la circonférence moyenne. Ces anneaux se soutiendront autour de Saturne comme la lune se soutient autour de la terre, ou comme feraient les arches d'un pont, si le foyer de la pesanteur était au centre des voussoirs.

Cette théorie subsisterait encore dans le cas où l'anneau serait composé, comme il paraît l'être, de plusieurs anneaux concentriques, et détachés les uns des autres; seulement il faudrait l'appliquer séparément à chacun d'eux, alors les durées de leur rotation devraient être

sensiblement différentes. C'est au temps et à l'observation à confirmer ces résultats. (*Astronomie physique*, pages 97 et 98 du tome III.)

D'Uranus ♅ *et de ses satellites.*

Uranus est la planète la plus éloignée du soleil. On l'avait, jusqu'en 1781, considérée comme une étoile; mais, à cette époque, Herschell ayant suivi cet astre avec attention, reconnut que c'était réellement une planète, située à plus de 662 millions de lieues, et qui accomplissait sa révolution entière en 84 ans. Son orbite embrasse celle de toutes les autres planètes; c'est elle qui offre le moins d'inclinaison sur le plan de l'écliptique; elle n'est, en effet, que de 46′ 26″. Cette planète, qui paraît assez brillante, ne peut être aperçue à l'œil nu à cause de sa distance considérable. On ne sait si elle a un mouvement de rotation sur son axe, mais on le présume très fortement.

Herschell lui reconnut également des satellites qui circulaient autour d'elle, à peu près dans le même plan. Suivant cet astronome, les éclipses de ses satellites ont été visibles en 1759.

Le premier achève sa révolution sidérale en

5j 21h 25′ 21″, à la distance moyenne de 74,718 lieues;

Le second en 18j 16h 57′ 47″, à la distance de 96,940 lieues;

Le troisième en 10j 23h 3′ 59″, à la distance de 129,572 lieues;

Le quatrième en 13j 10h 56′ 30″, à la distance de 129,572 lieues;

Le cinquième en 38j 1h 48′, à la distance de 259,162 lieues;

Le sixième en 107j 16h 39′ 56″, à la distance de 518,254 lieues.

Les deux tableaux suivans mettront sous les yeux de nos lecteurs toutes les circonstances de volume, de masse, de densité, de distance, d'inclinaison, etc.

Volumes, Masses, Gravités, Parallaxes annuelles.

ASTRES.	VOLUMES.	MASSES.	DENSITÉS.	POIDS.	PARALLAXES annuelles.
☉ Soleil...	1395,324	329,630	0,23624	27,65	»
☿ Mercure.	0,0565	0,1627	2,879646	1,07	126° 14′
♀ Vénus..	0,8828	0,9243	1,04701	1	139° 9′
♁ Terre...	1	1	1	1	»
☾ Lune...	0,02042	0,0146	0,715076	0,228	27° 1′
♂ Mars...	0,1386	0,1294	0,930736	0,43	18° 6′
♃ Jupiter..	1280,9	308,94	0,24119	2,51	9° 59′
♄ Saturne.	974,78	93,271	0,095684	1,3	5° 42′
♅ Uranus..	81,26	1,6904	0,020802	0,95	2° 55′

ASTRES.	TEMPS DES RÉVOLUTIONS sidérales.	DISTANCE AU SOLEIL en 1,000 lieues.	LIEUES parcourues en 1′.	TEMPS DE ROTATION sur l'axe.	DIAMÈTRES en LIEUES.	INCLINAISON de l'orbite sur l'écliptiq.	INCLINAISON de l'axe sur l'orbite.
☉	»	»	»	25j 12h 0′	315,000	»	82°,50
☿	87j 23h 14′ 30″	13,361	653	1 0 4	1,130	7°,78	»
♀	224 16 41 27	25,000	485	0 23 21	2,787	8°,76	»
♁	365 5 48 49	34,500	412	1 0 0	2,865	»	66°,52
☾ [1]	27 17 43 11	86	14	27 7 44	782	5°,71	88°,50
♂	686 22 18 27	52,613	329	1 0 39	1,592	1°,85	61°,30
☋	4 ans 128j 0h	91,278	»	»	»	31°,05	»
☊	4 220 2	95,532	»	»	»	10°,62	»
⚳	4 220 16	95,892	»	»	»	34°,60	»
⚵	3 66 4	81,530	»	»	»	7°,15	»
♃	11 315j 12h 30′	180,000	178	0 9 56	33,121	1°,46	89°,45
♄	29 161 4 27	329,200	132	0 10 16	27,529	2°,77	60°
♅	83 29 8 39	662,000	93	»	12,212	0°,86	»

[1] La révolution, la distance et la vitesse de la lune sont considérées relativement à la terre.

Des orbes planétaires et des lois de Képler.

Dans l'histoire particulière que nous avons donnée de chacune des planètes, nous avons reconnu leurs mouvemens autour du soleil, mais sans assigner d'une manière précise la nature des orbites, leur position relativement au plan de l'écliptique, ni les moyens d'arriver à ces résultats. Nous n'avons point recherché si, au milieu de cette multitude de mouvemens si divers et si confus, il était possible de démêler une loi capable de nous faire envisager d'un seul coup d'œil, et sans embarras, les rapports qui les unissent, le principe qui les détermine. C'est à la connaissence de ces faits que nous allons faire parvenir nos lecteurs dans ce chapitre.

Nous savons déjà que les planètes viennent dans leur révolution, après certaines époques assez régulières, couper le plan de l'écliptique en deux points exactement opposés. Si l'on suppose maintenant une ligne qui les réunit, et à laquelle on donnera le nom de *ligne des nœuds*, celle-ci déterminera la trace du plan de l'orbite sur l'écliptique.

Imaginons maintenant un observateur situé au centre du soleil, qui veuille connaître l'ins-

tant du passage précis d'une planète quelconque à ses nœuds ; ce passage se fera aux époques dont nous avons parlé, et il la verra sur le prolongement de la ligne qui passe par le centre du soleil ; il lui sera facile de calculer si les longitudes sont égales, ou diffèrent d'une demi-circonférence : pour nous, qui sommes placés sur la terre et hors du centre du système planétaire, il nous est bien possible de reconnaître l'instant du passage des nœuds, mais nous ne pouvons les voir lorsqu'ils sont constamment opposés l'un à l'autre, parce que la droite qui les réunit prend successivement diverses inclinaisons par l'effet du mouvement du soleil ; cependant il arrive quelquefois, mais très rarement, que le soleil et la terre étant sur la même ligne, la planète que l'on veut observer se trouve également sur son prolongement ; nous la voyons alors sur le même point que le soleil, nous pouvons fixer la longitude, et il suffira de plusieurs observations semblables pour déterminer si le nœud de la planète répond toujours à la même longitude, vue du soleil.

Le lieu du nœud étant connu, il faudra, pour évaluer l'inclinaison, attendre que le soleil ait la même longitude que la planète ; et alors on aura

la latitude de l'astre, d'où l'on déduira l'inclinaison du plan de l'orbite.

L'évaluation des longitudes des nœuds des planètes, à des époques éloignées, a fait voir qu'en tenant compte des déplacemens des équinoxes, les nœuds changeaient de position et suivaient un mouvement rétrograde semblable à celui que nous avons signalé dans les révolutions de la lune; les inclinaisons des orbites varient également entre elles et par rapport à l'écliptique.

Ces données précédentes acquises, pour trouver la loi du mouvement de la planète et la nature de son orbite, il faut d'abord mesurer la durée d'une révolution entière autour du soleil. Pour cela, il suffira de fixer un point dans le ciel, et le meilleur sera celui d'un nœud quelconque de la planète, et d'évaluer l'intervalle de temps écoulé entre deux passages consécutifs à ce même point. Si l'on veut obtenir un résultat rigoureux, il faudra rassembler plusieurs observations semblables, et en prendre la moyenne. Par cette recherche, on ne négligera pas le léger déplacement que l'écliptique subit dans le ciel.

Le mouvement moyen connu, il ne s'agit plus

que de déduire des observations le mouvement angulaire de la planète et les variations de sa distance à cet astre; et on y parvient au moyen des conjonctions et des oppositions.

Lorsqu'au moyen de ces données on trace l'orbite que chaque planète décrit, on reconnaît *qu'elles font toutes des ellipses dont le soleil occupe un des foyers.*

Leur rayon vecteur décrit autour de ce point des aires proportionnelles au temps.

Enfin, la comparaison des dimensions des orbites, et du temps de révolution, fit découvrir à Képler le rapport suivant : *les carrés des temps des révolutions sont entre eux comme les cubes des grands axes.* Ainsi, Mars emploie 687 jours à faire sa révolution; celle de la terre est d'environ 365 jours, tandis que sa distance moyenne est de 34 millions de lieues à peu près; on obtiendra celle de Mars en établissant la proposition suivante : le carré de 365 est contenu dans celui de 687, comme le cube de 34 millions est contenu dans le cube de la distance de Mars au soleil.

Cette loi, vérifiée pour toutes les planètes, fut trouvée tellement exacte par tous les astronomes, qu'ils n'hésitèrent pas à conclure les distances

des planètes au soleil, d'après la durée des révolutions sidérales, que l'on peut toujours évaluer avec précision d'après les retours de chaque planète au même nœud de son orbite, tandis qu'il est extrêmement difficile de calculer les rapports des distances des planètes au soleil.

Les trois lois que nous venons de faire connaître ont été nommées lois de Képler, afin d'immortaliser le nom de ce génie illustre, qui sut, par le seul sentiment des rapports, dévoiler les trois vérités fondamentales de l'astronomie, et desquelles Newton déduisit, comme simple conséquence, cette loi générale de l'attraction, base de la physique actuelle.

D'après ce qué nous avons avancé plus haut, on voit que, pour arriver à la connaissance des mouvemens elliptiques des planètes, il faut pour chacune d'elles posséder les sept données suivantes, dont deux déterminent la position de l'orbite : ce sont la longitude du nœud sur l'écliptique, et l'inclinaison de l'orbe sur ce plan, ou l'angle qu'ils forment entre eux. Les autres ont rapport au mouvement dans l'orbite même; ce sont : 1°. la durée de la révolution sidérale, ou le temps qui s'écoule pendant que la planète décrit 360°; 2°. le demi-grand axe de l'orbite,

ou la distance moyenne de la planète au soleil ; 3°. l'excentricité, ou la partie du grand axe comprise entre le centre et le foyer ; 4°. la longitude moyenne de la planète à une époque déterminée ; 5°. la longitude du périhélie à la même époque.

Stations et rétrogradations des planètes.

Les planètes vues de la terre présentent dans leurs mouvemens des irrégularités extrêmement singulières, et qui semblent contrarier une loi générale que nous avons avancée touchant la direction du mouvement de tout le système planétaire d'occident en orient, ou de droite à gauche. Ainsi, lorsque nous examinons Mercure au moment où il paraît écarté du soleil, nous le voyons se diriger d'occident en orient, et son mouvement est *direct ;* mais plus tard, s'il vient s'interposer entre le soleil et notre globe, ce mouvement s'opère dans un sens contraire, il est *rétrograde.* Enfin, dans le passage du premier mouvement au second, cette planète semble perdre peu à peu sa vitesse ; elle demeure quelque temps stationnaire, puis reprend cette direction rétrograde dont nous venons de parler. On a distingué ces phénomènes si bizarres par

les noms de *stations* et de *rétrogradations* des planètes, d'après les apparences qu'elles nous présentent. Ils embarrassaient beaucoup les anciens, qui regardaient la terre comme centre des mouvemens planétaires. Comment, en effet, dans cette supposition, expliquer ces faits? Encore, s'ils eussent été particuliers à une ou deux planètes seulement, on aurait pu les considérer comme des anomalies pour chacune d'elles; mais il n'en est point ainsi; toutes les présentent à un degré plus ou moins grand : aussi la difficulté est-elle restée insurmontable, et aucun n'a pu la résoudre. C'est cette raison qui engagea Copernic à donner à la terre sa véritable position en lui assignant, comme à toutes les planètes, une révolution périodique autour du soleil. Dans cette nouvelle hypothèse, toutes les difficultés s'aplanissent, et le phénomène devient de la plus grande simplicité. En effet, les planètes circulant autour du soleil, avec une rapidité d'autant plus grande qu'elles en sont plus rapprochées, il devra arriver une époque où la terre se trouvant placée par rapport à une autre planète qui tourne moins vite, celle-ci paraîtra exécuter un mouvement direct, comme cela est réellement; mais si peu à peu la terre, en vertu

de sa plus grande vitesse, en approche davantage, par la même erreur que nous avons déjà signalée tant de fois, l'observateur placé à la surface du globe, considérant comme réel le mouvement apparent, elle devra paraître se ralentir successivement de plus en plus, puis demeurer stationnaire. Enfin, lorsque la terre l'aura devancée, elle semblera rétrograder d'autant plus que la translation de la terre sera plus prompte. Les mêmes apparences se reproduisent absolument lorsque deux bateaux se meuvent inégalement sur un même courant. Si le plus lent est placé en avant, il devra paraître à l'observateur qui occupe l'autre, se mouvant d'abord dans le même sens que lui; mais peu à peu, lorsque la distance qui les sépare diminue, son mouvement s'affaiblira aussi graduellement, deviendra nul et ensuite rétrograde, lorsque, par l'excès de sa vitesse, l'autre l'aura dépassé. Il suffira donc, pour se rendre compte des stations et des rétrogradations des planètes, de connaître la différence des vitesses des planètes par rapport à la terre. Il est clair d'ailleurs que les planètes supérieures paraîtront rétrogrades dans leurs oppositions, et directes dans leurs conjonctions, tandis que les planètes inférieures seront directes

dans la conjonction supérieure, et rétrogrades dans la conjonction inférieure, c'est-à-dire, lorsqu'elles se placent entre le soleil et la terre.

Des Étoiles fixes.

Au-delà de notre système planétaire, qui nous semble occuper une étendue si immense dans l'univers, existent d'autres corps lumineux que nous voyons semés de toutes parts dans la voûte céleste, à laquelle ils paraissent tous fixés à des profondeurs égales. Ce sont *les étoiles fixes*, ainsi appelées, parce que les anciens croyaient qu'elles ne changeaient jamais de position respective; mais, quoique leurs mouvemens soient très lents et presque imperceptibles, cependant les observations modernes, et surtout celles d'Herschell, attestent que les relations mutuelles de plusieurs d'entre elles ont changé d'une manière sensible.

Il n'y a pas de sujet plus propre à nous faire concevoir l'immensité infinie de l'espace, que l'étude de ces points lumineux; nous savons déjà que si la parallaxe annuelle de ces astres était seulement d'une seconde, ce qui suppose une distance de plus de 5,000,000,000,000 de lieues, nous pourrions mesurer leurs volumes; et cependant Bradley, dont les recherches assidues

avaient pour objet la détermination de cette parallaxe, ne put jamais parvenir à la saisir, lors même qu'il choisissait les étoiles les plus lumineuses et les plus grandes en apparence. Et qui ne demeurera encore plus étonné, lorsqu'il saura que la base sur laquelle il appuyait ses observations était celle du diamètre de l'orbite terrestre de plus de 70,000,000 de lieues de longueur?

On divise les étoiles en plusieurs classes, à raison de leur éclat: les plus brillantes sont celles de la première grandeur, tandis que les autres sont de la seconde, de la troisième, ainsi de suite jusqu'à la douzième. On n'aperçoit à la vue simple que les six premières grandeurs, et il est besoin d'un télescope pour voir les autres; aussi les a-t-on appelées *télescopiques*. Le nombre des étoiles paraît extrêmement considérable, d'autant plus que l'on se sert d'une lunette plus parfaite; à l'œil nu, lorsqu'on examine le ciel dans une belle nuit, on croirait apercevoir des millions d'étoiles; mais réellement on pourrait à peine en compter 12 ou 1300 dans chaque hémisphère céleste, et c'était en effet le nombre que les anciens connaissaient. Mais, si l'on a recours aux télescopes, on découvre une multitude innombrable de petites étoiles qui échap-

pent à la vue simple. Lalande en a observé 50,000; et Herschell estime en avoir vu 44,000 dans un espace de 8° de longueur sur 3° de largeur, ce qui en supposerait à peu près 75,000,000 dans le ciel entier.

La distribution des étoiles dans le ciel ne paraît point faite au hasard, elle semble s'être combinée de manière à former des systèmes plus ou moins compliqués; c'est à cet arrangement particulier que les anciens ont donné le nom de *constellation;* ce sont des groupes ou amas d'étoiles de toute grandeur, que l'on peut lier entre elles à l'aide de triangles, de carrés, etc., et auxquels les anciens avaient assigné des noms d'hommes et d'animaux. Hipparque, qui nous a transmis un catalogue général des étoiles, telles qu'on les considérait de son temps, compte 48 constellations : 12 dans le zodiaque, 21 au nord et 15 au midi; et ici nous ferons remarquer qu'il faut bien se garder de confondre les constellations du zodiaque avec les signes de la zone de ce nom, quoiqu'ils aient les mêmes dénominations. Ceux-là en effet occupent dans l'écliptique des espaces d'une longueur déterminée, qui est de 30° pour chacun d'eux, tandis que celles-ci sont, au contraire, parsemées, dans la voûte cé-

leste, dans des régions d'étendue très variable. La constellation du Bélier se trouvait, il y a 2,000 ans, dans le signe qui porte le même nom, ou dans la première partie de l'écliptique; mais l'équinoxe du printemps rétrogradant chaque année d'environ 50", le soleil est maintenant dans la constellation des Poissons, quand il coupe l'équateur pour s'élever au-dessus de ce grand cercle. A l'époque actuelle, le nombre des constellations doit nécessairement être augmenté. Nous avons fait connaître la situation de chaque étoile dans le ciel; nous n'y reviendrons pas; nous donnerons seulement l'idée du mode de désignation employé pour distinguer les différentes étoiles de chaque constellation. La plus considérable est indiquée par la lettre A, les autres sont marquées d'après la méthode employée par Jean Bayer, dans les Cartes célestes qu'il publia; elle consiste à désigner chacune d'elles dans l'ordre de leur grandeur, par les lettres de l'alphabet grec, en commençant par α pour la principale, β pour la seconde, etc. Si le nombre des lettres de l'alphabet grec ne suffit pas, on se sert des lettres romaines, et même des nombres ordinaux 1, 2, 3, etc. Cette dénomination a été suivie par tous les astronomes modernes.

Le tableau suivant contient les noms des constellations, et le nombre des étoiles comprises dans chacune d'elles.

Voyez, pour les constellations boréales, la Carte polaire jointe à ce Manuel, carte que nous empruntons à l'*Uranographie* de M. Francœur.

Constellations boréales des anciens.

La petite Ourse.	22
La grande Ourse	87
Le Dragon.	85
Céphée.	58
Le Bouvier	70
La Couronne.	33
Hercule.	128
La Lyre.	21
Le Cygne	85
Cassiopée.	60
Persée.	65
Le Cocher.	69
Ophiucus, ou le Serpentaire.	65
Le Serpent	61
L'Aigle, ou le Vautour volant.	26
Le Dauphin.	19
Le petit Cheval.	10
Pégase, ou le grand Cheval.	91

Antinoüs 27
Andromède 27
Le Triangle boréal. 15
La Chevelure de Bérénice. 43

Constellations boréales des modernes.

Le petit Lion. 55
Les Levriers. 38
Le Sextant d'Hévélius 54
Le Rameau de Cerbère. 13
Le Taureau royal. . . . . .
Le Poniatowski 18
Le Renard et l'Oie. 35
Le Lézard marin. 12
Le petit Triangle. 4
La Mouche, ou le Lys. 5
La Renne. 12
Le Messier. 7
La Girafe. 69
Le Lynx. 45

Constellations zodiacales.

Le Bélier. 42
Le Taureau 207
Les Gémeaux 64
L'Ecrevisse. 85

Le Lion. 93
La Vierge 117
La Balance 66
Le Scorpion. 60
Le Sagittaire. 94
Le Capricorne. 64
Le Verseau. 117
Les Poissons 116

Constellations australes des anciens.

La Baleine. 102
L'Eridan 85
Orion. 90
Le Lièvre. 20
Le petit Chien. 17
Le grand Chien.. 54
Le Vaisseau, ou le Navire 117
L'Hydre femelle. 52
La Coupe, ou le Vase 13
Le Corbeau. 10
Le Centaure 48
Le Loup. 24
L'Autel 8
La Couronne australe. 12
Le Poisson austral. 32

Constellations australes des modernes.

Le Fourneau chimique 39
Le Réticule rhomboïde 7
Le Burin du Graveur 15
La Dorade 6
L'Horloge, ou Pendule 24
La Règle et l'Equerre 15
Le Compas 2
Le Triangle austral. 5
La Colombe 2
Le Chevalet du Peintre. 4
La Licorne d'Hevélius 31
La Boussole. 14
La Machine pneumatique 22
Le Solitaire 22
La Croix australe 6
La Mouche, ou l'Abeille 4
Le Caméléon. 7
Le Poisson volant 6
Le Télescope. 8
L'Oiseau de Paradis 4
La Montagne de la Table. 6
L'Ecu de Sobieski. 16
L'Indien. 4
Le Paon. 11

L'Octant. 7
Le Microscope. 8
La Grue 12
Le Toucan. 11
L'Hydre mâle 8
L'atelier du Sculpteur 28
Le Phénix. 11

Les étoiles ne se montrent pas toujours à nous avec les mêmes apparences : elles sont sujettes à des variations, quelquefois subites, d'autres fois périodiques, dans leur éclat et dans leur couleur. Il en est qui apparaissent tout à coup étincelantes de la plus vive lumière, et qui deviennent peu à peu invisibles. La plus fameuse en ce genre est celle que Tycho-Brahé découvrit en 1572, dans la constellation de Cassiopée ; cet astre, d'une forme parfaitement arrondie, égalait en splendeur Vénus et Jupiter ; il demeurait visible, même pendant le jour. Sa lumière s'éteignit ensuite par degrés, après avoir excité pendant quinze ou seize mois l'admiration de tous les observateurs. Sa couleur éprouva pendant cet espace de temps des changemens très remarquables ; elle devint d'abord d'un blanc éclatant comme Vénus ; ensuite d'un jaune rougeâtre comme Mars, et enfin d'un blanc plombé

comme Saturne. Une autre étoile, qui parut subitement en 1604, dans la constellation du Serpentaire, offrit les mêmes variations, et disparut de même après quelques mois. Le plus souvent ces variations des étoiles ne sont point aussi irrégulières, elles suivent, pour chacune d'elles, certaines périodes, pendant lesquelles on voit leur lumière augmenter, puis décroître tour à tour. On les appelle, pour cette raison, *étoiles changeantes*.

Diverses hypothèses ont été avancées pour expliquer des changemens si singuliers. Les uns ont pensé que la surface du globe des étoiles était parsemée de taches qui, par l'effet de la rotation sur l'axe, étaient successivement tournées vers nous; d'autres ont prétendu que le globe était aplati, et devenait moins lumineux dans certaines circonstances: quelques autres, enfin, ont supposé que des corps planétaires, circulant autour de ces nouveaux soleils, venaient s'interposer entre nous et les étoiles, et nous dérobaient ainsi leur lumière; mais il est aisé de concevoir qu'il est impossible de décider laquelle de ces hypothèses est la véritable; c'est au temps à résoudre la question, si toutefois on y parvient jamais.

Le meilleur moyen d'apprécier les divers changemens qui se manifestent dans les étoiles consiste à les comparer entre elles avec celles dont elles sont le plus voisines; et en enchaînant ainsi tous ces divers corps entre eux, on pourra parvenir à des résultats bien préférables à ceux des anciens astronomes, qui n'établissaient la différence des étoiles que d'après des apparences de grandeur toujours très sujettes à varier, et sur lesquelles, d'ailleurs, il est extrêmement difficile de ne pas se tromper.

On aperçoit dans plusieurs parties de la sphère céleste, au moyen du télescope, de petites blancheurs qui ne répandent qu'une lueur très faible : ce sont les *nébuleuses;* en les observant avec un télescope très puissant, on y découvre un multitude de petites étoiles très rapprochées les unes des autres, et qui, en confondant leur lumière, donnent lieu à cette teinte terne et blanchâtre dont nous venons de parler. La voie lactée est une zone irrégulière, blanchâtre, qui paraît composée d'un grand nombre de nébuleuses semblables.

Elle coupe l'écliptique auprès des points solsticiaux, et s'en écarte d'environ 60° vers le nord et vers le midi; on y voit, avec de forts

télescopes, une quantité considérable de petites étoiles qui offrent l'apparence d'une lumière continue : Herschell en a remarqué 50,000 dans un espace de 15° de longueur sur 2° de largeur.

La vivacité de la lumière des étoiles et leur distance prodigieuse ont conduit la plupart des astronomes à regarder tous ces corps étincelans par eux-mêmes, comme des centres autour desquels circulaient probablement des systèmes planétaires entièrement imperceptibles pour nous. Peut-être aussi, et cette supposition ne paraîtra pas dépourvue de probabilité, depuis que nous avons envisagé la variété infinie des phénomènes qui nous apparaissent dans la voûte immense qui domine nos têtes, ces centres, qui entraînent avec eux dans l'espace leurs satellites planétaires, ne sont-ils eux-mêmes que des satellites soumis aux lois que leur imposent d'autres centres plus puissans; et qui sait si, en assignant même ces limites, notre esprit ne demeure pas au-dessous de la vérité? N'est-ce pas là le cas de répéter avec la précision poétique de Pascal, cette pensée qui représente si bien l'étendue de l'univers : C'est une sphère infinie dont le centre est partout, et la circonférence nulle part.

Les étoiles nous offrent en général un phéno-

mène particulier qui les distingue des planètes : c'est une sorte de tremblement continuel dans leur lumière, auquel on a donné le nom de *scintillation*. On attribuait autrefois ce phénomène aux mouvemens de petits corps suspendus dans l'air, qui, en passant entre l'œil et les étoiles, interceptaient leur lumière : on s'appuyait du témoignage de quelques voyageurs, qui assuraient que les étoiles n'étincelaient pas dans les contrées où l'air pur et tranquille ne contient pas de substances étrangères. Mais ces explications ont été rejetées avec raison. On pense maintenant que la cause de cette scintillation est due à la différence de densité des couches atmosphériques, d'où résulte une succession rapide de condensations et de raréfactions dans les ondulations de la lumière, et qui détermine sur cet agent l'impression particulière que nous venons d'indiquer : on s'appuie pour confirmer cette opinion sur ce que la scintillation est plus grande à l'horizon, et diminue successivement jusqu'au zénith, où elle est nulle. Mais il restera toujours à savoir pourquoi ce phénomène n'a pas lieu pour les planètes, qui sont bien au-delà de notre atmosphère.

Des Comètes.

Les *comètes* ont été long-temps l'objet de la frayeur des anciens, qui attribuaient à leur présence le présage des plus grands malheurs, et qui les regardaient comme des météores engendrés dans les atmosphères différentes de la nôtre. Ces astres se montrent en effet sous des apparences extrêmement variables, et qui, dans quelques circonstances, peuvent produire sur les hommes qui n'ont jamais été témoins d'un spectacle semblable, des mouvemens de crainte et de frayeur. Tantôt on les voit apparaître subitement dans une certaine région du ciel; peu à peu elles s'avancent vers nous avec un mouvement de plus en plus rapide; l'éclat de leur lumière s'accroît, leurs dimensions augmentent, et en même temps se développent ces *longues queues ou chevelures lumineuses*, d'une longueur quelquefois extraordinaire. Enfin, peu à peu leur vitesse et leur éclat diminuent de la même manière, et elles vont se perdre dans des régions du ciel excessivement éloignées. Tantôt elles se montrent soudainement, demeurent stationnaires pendant quelque temps, puis tout à coup parcourent le ciel avec une vitesse considérable, et disparais-

sent instantanément ; d'autres fois, enfin, leur lumière est très faible, elles n'offrent point ces traînées si singulières, d'où leur vient le nom de comète, et sont à peine visibles à cause de leur petitesse. La direction de leurs mouvemens n'est pas toujours la même ; quelquefois elle est d'occident en orient, d'autres fois elle s'écarte de cette loi générale, et est en sens contraire.

On a cru pendant long-temps que ces astres avaient une marche très irrégulière, et n'étaient point assujettis aux lois constantes qui se manifestent dans tout le système planétaire. Mais les découvertes de Képler ayant fait douter de cette opinion, on a cherché à déterminer quelle était la courbe qu'ils pouvaient décrire. Supposons, a-t-on dit, que les comètes parcourent des ellipses très allongées, dont le soleil occupe un des foyers ; en suivant les lois de Képler, il suffira, pour calculer la courbure de ces ellipses, de connaître trois positions de ces astres. C'est à l'aide de cette méthode que l'on a pu fixer l'ellipse de plusieurs de ces comètes, et leurs observations se sont trouvées parfaitement représentées. On a donc pu ainsi déterminer avec précision les mouvemens auxquels elles sont soumises. Cependant, il est vrai de dire que,

malgré toutes ces connaissances, il est encore impossible d'assigner exactement l'époque du retour des comètes. Il n'y en a guère qu'une ou deux dont on soit presque sûr de connaître la marche. En effet, la plupart des élémens nécessaires pour arriver à des déterminations rigoureuses, la position du plan de l'ellipse relativement à l'écliptique, son périhélie, la mesure exacte de la distance au soleil, etc., ont été négligés par les anciens astronomes, en sorte qu'il est presque impossible de savoir si réellement il y a conformité entre deux observations.

On s'est demandé quel pourrait être le grand axe de ces ellipses excessivement allongées. Mais il sera toujours impossible de l'obtenir, parce que nos observations ne nous permettent de mesurer qu'un très petit arc de l'orbite, et même il est si facile de se tromper dans l'appréciation des divers élémens nécessaires dont nous venons de parler, à cause des changemens que peuvent éprouver les comètes dans leurs apparitions successives, et à cause de la difficulté même de fixer les points précis qu'elles occupent dans le ciel, en raison de ces nuages lumineux dont elles sont enveloppées, qu'il faudra sans doute attendre un grand nombre d'années pour établir positive-

ment le temps de la révolution de ceux de ces astres qui se montrent à nous à des époques assez rapprochées. Il est même probable que quelques unes se meuvent dans des courbes ouvertes, qu'elles décrivent des *paraboles*, dont le soleil occupe le foyer, et ne reviennent jamais vers nous. On conçoit en effet que leur vitesse prodigieuse, lorsqu'elles arrivent à leur périhélie, seule partie du ciel où elles soient visibles pour nous, doit s'affaiblir tellement lorsqu'elles atteignent l'extrémité opposée de leur orbite, qu'elles peuvent demeurer des siècles entiers éloignées de nos yeux; et si l'on considère en outre qu'il est des circonstances où elles peuvent rester complétement invisibles, on sentira combien il doit être difficile de prédire leur retour.

Halley est celui qui a le mieux réussi à cet égard: il calcula, en 1682, les élémens paraboliques d'une comète qui parut à cette époque. En comparant ses résultats à ceux que Képler avait obtenus pour une comète qui s'était montrée en 1607, il fut frappé de leur analogie: il remonta aux observations de ses prédécesseurs, et reconnut qu'en 1531 et en 1546, les élémens des comètes dont l'apparition s'était faite à ces époques, ressemblaient beaucoup aux siens; il

ne douta plus alors que ce ne fût la même comète qui avait accompli ainsi sa révolution dans des intervalles de temps à peu près égaux, et il se hasarda à prédire qu'elle reparaîtrait en 1757; mais Clairaut ayant calculé qu'elle serait retardée de 618 jours dans son cours, par l'action de Jupiter et de Saturne, elle n'arriva en effet que vers le 12 mars 1759. Cette comète accomplirait donc sa révolution en 75 ans et demi environ. Un mathématicien a déterminé que son apparition se ferait de nouveau le 24 septembre 1836.

On est moins avancé sur la nature des comètes, et on n'a sur ce sujet que des notions vagues. On a remarqué, en général, qu'elles étaient formées d'un noyau quelquefois obscur, d'autres fois, dit-on, transparent, mais toujours enveloppé de nuages lumineux assez variables pour l'éclat, et se prolongeant en traînées vaporeuses d'une rareté extrême, à travers lesquelles on peut apercevoir les étoiles et les planètes. Le volume et l'éclat de ces astres éprouvent des variations très considérables. Les plus remarquables ont paru en 837, 1106, 1456, 1618, 1680, 1759, 1769, et 1811. Celle de 1744 avait six queues disposées en éventail; d'autres fois on n'en aperçoit pas du tout.

Ces comètes sont-elles lumineuses par elles-mêmes? Si l'on s'en rapportait aux observations des astronomes, on pourrait répondre oui et non. Les uns, en effet, prétendent avoir aperçu les étoiles à travers le noyau lui-même, ce qui est peu probable; d'autres ont signalé des phases dans ces astres plusieurs fois; il semblerait donc que cette dernière opinion dût prévaloir, et elle est en effet la plus généralement adoptée.

Quelle est la cause physique d'où résulte la queue des comètes? Beaucoup d'explications ont été proposées sur cette matière: Képler avait attribué à l'impulsion des rayons solaires cette prolongation de la substance rare qui entoure le noyau en vapeurs lumineuses; mais, avant d'admettre cette opinion, il faudrait d'abord rechercher si les rayons solaires ont une force d'impulsion sensible. Des expériences furent faites à ce sujet par Dufay, au moyen d'un fil d'araignée qu'il avait tendu légèrement, et il constata que le mouvement du fil n'avait lieu que lorsqu'il était dans l'atmosphère, parce que celui-ci s'échauffant par le passage des rayons solaires, l'air devenait agité; mais si on plaçait le fil dans le vide, rien de semblable n'avait lieu, et le fil demeurait parfaitement tranquille. Le manque

d'expérience positive propre à faire croire que les rayons solaires aient une force d'impulsion sensible, doit donc éloigner de l'opinion de Képler, qui aurait pu sembler d'autant plus probable que, par une singularité assez remarquable, la queue des comètes n'est jamais dirigée vers le soleil.

D'autres auteurs, considérant l'agrandissement successif de la queue de la comète, à mesure qu'elle s'approchait davantage du soleil, ont pensé que la chaleur devenant de plus en plus forte, le noyau s'échauffait à un tel point, qu'il devait perdre sa solidité, et s'évaporer en partie ou même en totalité; ce qui rendait raison de l'apparition de quelques comètes dans lesquelles on n'a point découvert de noyau. On a vu, en effet, quelques uns de ces corps arriver tellement près du soleil, qu'il est possible de concevoir que la chaleur qui leur fut communiquée était assez considérable pour les vaporiser en entier. Telle fut celle de 1688, qui, dans son périhélie, se trouva à une distance 166 fois moindre du soleil que nous, et qui dut éprouver, de la part de cet astre, une chaleur 27,556 fois plus grande que celle que la terre en reçoit; élévation de température énorme, puisqu'elle sur-

passe de plusieurs milliers de fois celle du fer en fusion.

Cette manière de concevoir la formation de la chevelure lumineuse des comètes s'accorde très bien avec les observations de M. Chladni, faites en 1811: ce physicien y reconnut une ébullition prodigieuse. L'ondulation, dans celle de 1811, se portait de 2 à 3″ de la comète au bout de la queue, trajet de 4 millions de lieues. Qui pourrait concevoir une rapidité aussi effrayante?

Quelques personnes ont pensé que les comètes pourraient, en passant près de la terre, l'envelopper dans la matière nébuleuse qu'elles entraînent avec elles. Elles citaient, à ce sujet, un brouillard qui, en 1783, s'étendit depuis les côtes d'Afrique jusqu'en Norwége; il était extrêmement dense, très sec, n'affectant en aucune façon l'hygromètre: il persista pendant six semaines, et ne fut dissipé ni par des pluies abondantes ni par des vents très forts qui régnèrent pendant ce temps. A cent lieues des côtes de France, ce brouillard n'existait plus; si ce brouillard eût été la queue d'une comète, tous les points de la terre compris entre les parallèles auraient dû y participer pendant la rotation sur son axe: or, on n'aperçut rien de semblable; la conclusion

n'était donc pas juste. Quoique les probabilités contre la rencontre d'une comète avec la terre soient si multipliées que ce serait une crainte tout-à-fait puérile de s'en tourmenter, cependant la chose *peut* arriver, et quelques auteurs ont même pensé qu'une rencontre semblable avait autrefois déterminé ce déluge universel qui bouleversa toute la surface de notre globe.

Ce ne sera pas sans intérêt que nos lecteurs liront ce qu'a si bien exprimé sur ce sujet l'auteur de la Mécanique céleste (Système du monde).

Il est facile de se représenter les effets du choc de la terre par une comète : l'axe et le mouvement de rotation changés, les mers abandonnant leur ancienne position pour se précipiter vers le nouvel équateur, une grande partie des hommes et des animaux noyés dans ce déluge universel, ou détruits par la violente secousse imprimée au globe terrestre ; des espèces entières anéanties ; tous les monumens de l'industrie humaine renversés : tels sont les désastres que le choc d'une comète a dû produire. On voit alors pourquoi l'Océan a recouvert de hautes montagnes sur lesquelles il a laissé les marques incontestables de son séjour ; on voit comment les animaux et

les plantes du midi ont pu exister dans les climats du nord, où l'on retrouve leurs dépouilles et leurs empreintes. Enfin, on explique la nouveauté du monde moral, dont les monumens ne remontent guère au-delà de 5,000 ans. L'espèce humaine, réduite à un petit nombre d'individus et à l'état le plus déplorable, uniquement occupée, pendant très long-temps, du soin de se conserver, a dû perdre entièrement le souvenir des sciences et des arts; et quand les progrès de la civilisation eurent fait sentir de nouveau ses besoins, il a fallu tout recommencer comme si les hommes eussent été placés nouvellement sur la terre.

Quoi qu'il en soit de cette cause, alléguée par quelques philosophes à ces phénomènes, je le répète, on doit être parfaitement rassuré sur un aussi terrible événement, pendant le court intervalle de la vie. Mais l'homme est tellement disposé à recevoir l'impression de la crainte, que l'on a vu, en 1773, la plus vive frayeur se répandre dans Paris, et de là se communiquer à toute la France, sur la simple annonce d'un mémoire dans lequel Lalande déterminait celle des comètes observées qui peuvent le plus approcher de la terre, tant il est vrai que les er-

reurs, les superstitions, les vaines terreurs et tous les maux qu'entraîne l'ignorance, se reproduiraient promptement si la lumière des sciences venait à s'éteindre.

Attraction universelle.

Les trois faits généraux de Képler venaient de mettre l'astronomie au rang des sciences positives les plus avancées, et avaient dévoilé aux hommes cette harmonie admirable établie entre tous les mouvemens célestes; mais cette même harmonie faisait trop bien sentir qu'une cause unique avait dû présider à des rapports aussi merveilleux: tous les esprits éprouvaient de plus en plus le besoin de connaître ce principe universel, Newton seul eut la gloire d'y parvenir. La postérité a déjà fait éclater toute sa reconnaissance à l'égard de cet homme de génie, qui, à force de méditations profondes, et à force de calculs savans, arriva à enchaîner, par une loi universelle, ces actions mutuelles qui sollicitent les uns vers les autres ces globes immenses qui nagent dans les espaces célestes, et chacune des particules infiniment petites qui les composent. Enfin, ce qui nous fera mieux juger de la haute importance de cette découverte, c'est qu'il n'y a

point de perturbations, d'écarts, quelque légers qu'ils soient, dans les mouvemens des corps célestes, qu'elle ne puisse nous faire apprécier avec la précision la plus rigoureuse.

Il nous serait impossible d'entrer ici dans tous les détails sur la manière dont l'immortel Newton parvint à établir cette cause générale; cette matière, trop compliquée de calculs, ne peut être comprise que par les mathématiciens les plus habiles; nous exposerons seulement les conséquences qu'il déduisit de chacune des lois de Képler.

Les aires décrites par les rayons vecteurs des planètes dans leur mouvement autour du soleil, étant proportionnelles au temps, il en résulte, d'après le calcul, *que la force qui sollicite les planètes est dirigée vers le centre du soleil.*

Les orbes des planètes et des comètes sont, avons-nous dit, des ellipses dont le soleil occupe un des foyers : il doit donc arriver qu'à certaines époques les astres qui les parcourent devront être plus ou moins rapprochés du soleil. Lorsqu'ils seront à leur périhélie, la force centrifuge demeurant plus forte que la force centrale ou centripète du soleil, la vitesse aug-

mentera, et ils s'éloigneront peu à peu : cependant la force attractive du soleil agissant sans cesse, retarde graduellement leur mouvement, qui devient extrêmement lent près de l'aphélie. A ce point, l'attraction, quoique très affaiblie par la distance, l'emporte cependant sur la force centrifuge, qui est alors à son minimum, et elle ramène en sens contraire vers le soleil les corps qui s'en étaient éloignés. Il suit de là, d'après calcul, *que la force qui anime les astres est en raison inverse du carré de la distance de leur centre à celui du soleil.*

Enfin, de ce que les carrés des temps des révolutions des planètes sont proportionnels aux cubes des grands axes de leurs orbites, on en déduit que la force qui sollicite les planètes et les comètes agit avec d'autant plus d'intensité qu'elles sont plus rapprochées du centre d'où elle émane : en sorte que si tous les corps célestes étaient situés à égale distance du soleil, ils se précipiteraient tous vers lui avec la même vitesse; et comme tous ont des masses différentes, on conçoit que, pour donner à une masse double la même vitesse, il faudrait lui imprimer une impulsion double : *la force est donc proportionnelle à la masse.*

De tout ce que nous venons de dire, il s'ensuit que le soleil est le centre d'une puissance attractive, agissant dans tous les sens en raison inverse du carré de la distance, proportionnellement aux masses, et faisant décrire aux planètes des courbes rentrantes.

Lorsqu'on compare les mouvemens des satellites autour de leurs planètes avec ceux des planètes autour du soleil, on trouve la plus grande analogie entre les phénomènes que chacun de ces systèmes de corps présente; les mêmes lois se reproduisent exactement de la même manière. Les planètes sont donc aussi le centre d'une puissance analogue à celle du soleil. C'est, en effet, à l'aide de la pesanteur ou de la force qui sollicite vers le centre de la terre tous les corps qui occupent la surface du globe, que Newton parvint à établir la loi générale que nous avons citée; il vit que tous les corps tombaient à la surface de la terre de 15 pieds pendant la première seconde; si la pesanteur s'exerce en raison inverse du carré de la distance, à la distance de 60 rayons terrestres, l'attraction devra être 3600 fois moindre, et un corps qui serait à une semblable hauteur ne devrait tomber que de 15 pieds dans la première minute.

Tel fut, en effet, le résultat auquel Newton arriva, en calculant l'attraction terrestre qui sollicite le globe lunaire, dont la distance est précisément celle que nous venons d'indiquer.

Cette puissance, qui entraîne vers un centre commun les objets environnans, n'est donc point une propriété particulière au soleil. Les résultats précédens nous conduisent à l'étendre à tous les corps qui composent notre système planétaire; et même, en poussant plus loin l'analogie, leur figure, à peu près sphérique, peut déjà nous faire présumer que chacune des particules qui les composent est sollicitée à se ranger autour de leur centre par une force qui les attire également à des distances égales, vérité que l'on prouve très bien, et qu'il n'est pas de notre sujet de développer. Ce principe universel, dû au génie de Newton, *toutes les molécules de la matière s'attirent mutuellement en raison directe des masses, et réciproquement au carré des distances*, sera donc démontré pour nous.

Outre la force d'attraction, qui, si elle existait seule, tendrait à réunir en un seul point tous les corps de l'univers, Newton a supposé que les planètes et les comètes avaient reçu primitivement une impulsion en ligne droite qui

avait été modifiée par l'action attractive solaire, de manière à faire décrire à ces astres une courbe rentrante.

Des inégalités séculaires et périodiques.

Puisque, comme nous venons de l'indiquer, tous les corps célestes sont doués d'une puissance attractive s'exerçant suivant les lois que nous avons exposées, toutes les planètes devront, dans leurs mouvemens elliptiques, éprouver l'influence de ces forces qui varient en tous sens dans les espaces célestes, et par conséquent être soumises à des dérangemens dans la forme de leurs orbites. On conçoit d'avance qu'ils ne pourront guère être sensibles qu'au moment où elles seront le plus rapprochées les unes des autres; c'est, en effet, ce qui a lieu, et ces perturbations, qui semblaient devoir être une objection contre la loi générale de la gravitation, en ont au contraire confirmé d'une manière parfaite la justesse rigoureuse, et en sont le plus beau triomphe, comme l'a si bien démontré notre illustre Laplace.

Les astronomes ont regardé le principe de la gravitation universelle comme si exact, que toutes les fois que leurs observations ne s'ac-

cordaient pas avec les résultats du calcul, ils aimaient mieux croire que l'erreur tenait à l'oubli de quelques circonstances que d'infirmer la doctrine de l'attraction; et, en effet, tôt ou tard on a fini par en reconnaître la cause.

Les irrégularités que l'on remarque dans les mouvemens des planètes, et surtout des satellites, sont de deux sortes, et ont reçu le nom d'*inégalités*; les unes, *séculaires*, sont celles qui se produisent avec une extrême lenteur, et qui influent sur les élémens du mouvement elliptique lui-même; les autres, *périodiques*, tiennent aux relations qui s'établissent entre les planètes par l'effet de leurs révolutions annuelles, et qui ne se reproduisent qu'en certaines périodes de durée variable. Toutes deux sont bien périodiques; mais les premières ne reviennent qu'après plusieurs milliers d'années, tandis que les secondes peuvent avoir lieu assez fréquemment pendant un temps assez court.

Toutes les altérations réciproques des corps planétaires ne causent que des dérangemens d'une très petite étendue; les inégalités séculaires, quoique altérant à la longue le mouvement, ne font cependant pas éprouver de variations à la distance au soleil, ou au mouvement

moyen; les ellipses seulement tendent à s'éloigner ou à se rapprocher de la forme circulaire : leurs inclinaisons sur le plan de l'écliptique s'écartent d'une très petite quantité, et les nœuds, ainsi que les périhélies, sont sujets à un mouvement qui s'accomplit avec la plus grande lenteur. Quant aux inégalités périodiques, elles ne sont qu'instantanées, et jamais considérables.

Le calcul a démontré que les inégalités ne peuvent dépasser certaines limites; ainsi l'écliptique et l'équateur varient bien constamment d'inclinaison, mais il est impossible que jamais les plans viennent à coïncider; la variation de l'angle ne peut aller au-delà de trois degrés.

Lorsque l'on veut évaluer les inégalités qui affectent les mouvemens planétaires, on n'a point égard aux influences des corps célestes éloignés, qui ne peuvent être que très faibles; car sans cela le calcul serait hérissé de difficultés insurmontables : on se contente seulement de rechercher quels sont les écarts que font subir les corps les plus rapprochés ou les plus puissans par leurs masses. C'est ainsi, par exemple, que l'on se contente, en cherchant à apprécier les mouvemens de la lune, de tenir compte des actions mutuelles de la lune, de la terre et du

soleil. C'est pour cette raison que la théorie de la lune a reçu le nom de *problème des trois corps*. Lorsque, au contraire, on dirige son attention sur la terre, il faut envisager successivement les influences du Soleil, de la Lune, de Vénus, de Mars, de Jupiter et de Saturne. De toutes les attractions réciproques que les corps de notre système planétaire exercent les unes sur les autres, il n'en est pas de plus remarquables que celles de Jupiter et de Saturne, dont les inégalités très sensibles ont été calculées par M. Laplace.

Nous nous bornerons ici à parler des inégalités de la lune et de la terre.

Inégalités de la lune et de la terre.

La lune, ainsi que nous l'avons vu précédemment, décrit autour de la terre une courbe elliptique dont celle-ci occupe un des foyers; elle devra donc, à diverses reprises, se trouver, tantôt plus rapprochée, tantôt plus éloignée de cet astre, et éprouver ainsi de sa part des attractions d'intensité variable, qui influeront sur la régularité de son mouvement.

C'est, en effet, ce que l'observation avait fait

découvrir, et ce que le calcul a su apprécier avec l'exactitude la plus minutieuse.

Lorsque, par exemple, elle se place entre le soleil et la terre, elle se trouve plus rapprochée du premier de ces astres que lorsqu'elle est placée dans la situation opposée; celui-ci devra donc accroître, par son attraction, sa distance à la terre. Lorsque, au contraire, elle aura atteint le point précisément opposé, et sera par conséquent en opposition, l'effet de la puissance attractive devra, au contraire, se manifester plus fortement sur notre globe, qui, à son tour, sera éloigné de son satellite. Dans les quadratures, l'action du soleil doit nécessairement être moins forte, et celle de la terre agit plus énergiquement; mais tous ces effets ne pourront avoir lieu sans que la vitesse de la lune éprouve des variations. On trouve, en effet, que cette vitesse diminue en passant de la conjonction à la première quadrature, et qu'elle augmente de la quadrature à l'opposition. Passé ce point, elle diminue jusqu'à la deuxième quadrature, puis augmente de nouveau, en revenant à la conjonction. Cette série d'inégalités a reçu le nom de *variation*.

La lune étant destinée à accompagner la

terre dans sa translation sur l'écliptique, tous les phénomènes que nous venons de signaler devront subir des modifications très variables suivant que la distance de la terre au soleil sera plus ou moins considérable : c'est à cette sorte d'inégalités, qui se reproduisent périodiquement, que l'on a donné le nom d'*équation annuelle.*

Les mouvemens des nœuds de l'orbe lunaire et les variations de son inclinaison sur l'écliptique, sont des conséquences nécessaires de l'action du soleil. Lorsque la lune, en circulant autour de la terre, se rapproche du plan de l'écliptique, le soleil exerçant sur elle sa puissance attractive, tend à la faire descendre, et avance ainsi le moment où elle doit atteindre le plan de l'écliptique; de là, le *mouvement rétrograde des nœuds,* qui s'accomplit sur l'écliptique entier en dix-huit ans sept mois et demi environ, et le changement d'inclinaison de l'orbite.

Les variations d'intensité de l'attraction de la terre, lorsque la lune est périgée ou apogée, en favorisant l'action du soleil sur la lune, déterminent ces dilatations et ces contractions alternatives de l'orbe lunaire, et changent ainsi son excentricité. Cette inégalité, que l'on dé-

signe sous le nom d'*évection*, peut monter jusqu'à $7^{\circ}\ \frac{2}{3}$.

Le principal phénomène que présentent ces perturbations est celui qui a reçu le nom de *précession des équinoxes*. Nous n'entreprendrons point ici de faire comprendre à nos lecteurs comment cet effet n'a lieu qu'à cause du renflement de notre équateur joint à l'attraction du soleil et de la lune, nous nous bornerons à le décrire. La *précession* est un terme par lequel on exprime le mouvement presque insensible d'orient en occident, ou contre l'ordre des signes de l'intersection des plans de l'équateur et de l'écliptique. Si l'on considère comme invariable l'inclinaison de l'équateur sur l'écliptique, qu'on sait être aujourd'hui de 23° 28′, les axes de ces deux grands cercles formeront aussi un angle constant de 23° 28′. Rendons immobile l'axe de l'écliptique, et faisons tourner autour de lui, et d'orient en occident, l'axe de l'équateur, c'est-à-dire l'axe de rotation de la terre prolongé, il engendrera la surface de deux cônes droits opposés au centre de la terre, ayant pour axe celui de l'écliptique, et pour bases les cercles dont le diamètre est la corde qui sous-tend un arc de deux fois 23° 28′, ou 46° 56′ du

cercle qui passe par les pôles de l'équateur et de l'écliptique. Admettons de plus, ainsi que l'observation et le calcul le démontrent, que cette révolution totale dure 25,867 années, ou, plus exactement, que, annuellement, l'axe du monde parcourt un arc de la base du cône, de la valeur moyenne de 50″,103. Il est évident que, par ce mouvement de révolution, l'axe de l'équateur, entraînant ce cercle dans son mouvement, la ligne des équinoxes devra rétrograder sur l'équateur de la même quantité que le pôle de l'équateur a rétrogradé sur la base du cône que nous avons imaginé. Telle est l'idée qu'on peut se former de la *précession*. Cette dénomination vient sans doute de ce que le point équinoxial ♈ rétrogradant tous les ans de 50″,103, le soleil, par son mouvement propre d'occident en orient, le rencontre plus tôt que le point du ciel auquel il correspondait à son passage précédent par l'équinoxe du printemps. En effet, il n'a eu à parcourir que 359° 59′ 9″,897. Cette différence, convertie en temps, donne 20′20″,04. C'est l'excès de l'année sidérale sur l'année tropique.

Lorsque les signes du zodiaque furent imaginés, le point équinoxial, le bélier, ♈ corres-

pondait à la constellation du Bélier; mais par l'effet de la *précession*, ce point ayant rétrogradé vers l'occident d'environ 30°, ou un signe, la constellation du Bélier est dans le signe des Poissons, et chacune des douze constellations se trouve ainsi à un signe plus à l'occident que celui dont elle porte le nom. Ainsi non seulement le signe du *Bélier*, ou d'Aries, qui, d'après la convention adoptée par tous les astronomes, répond toujours à l'équinoxe du printemps, mais le *Cancer*, qui répond au solstice d'été, la Balance à l'équinoxe d'automne, le Capricorne au solstice d'hiver, ont rétrogradé d'un signe, et arrivent dès-lors successivement dans les constellations des Poissons, des Gémeaux de la Vierge et du Sagittaire. Il devient donc nécessaire, si l'on veut éviter la confusion, d'imposer aux signes de nouvelles dénominations. Voyez la proposition de M. Francœur, page 158 de son *Uranographie*, d'adopter les noms des mois du Calendrier républicain.

La terre, ainsi que la lune, éprouve, par l'effet de l'action du soleil, des perturbations qui servent à confirmer de plus en plus la vérité du principe de l'attraction tel que Newton l'a émis. Il est encore une inégalité qu'on appelle

nutation, et qui résulte de l'influence que la lune exerce sur le sphéroïde terrestre. La *nutation* est un petit mouvement qu'on observe dans l'axe terrestre, en vertu duquel il s'incline, tantôt plus, tantôt moins, vers l'écliptique, c'est-à-dire qu'il s'éloigne de la circonférence du petit cercle qui sert de base au cône dont nous avons parlé à la précession, augmentant et diminuant successivement l'angle moyen des deux axes, et causant les mêmes variations dans l'inclinaison des plans de l'écliptique et de l'équateur.

Bradley est le premier qui ait observé ce mouvement; on a déterminé que l'axe répond à divers points qui forment une petite ellipse autour du pôle moyen pris pour centre, dont le grand axe sous-tend un arc de la sphère céleste de 20″,153, et le petit axe 15″,001. Ce mouvement, en suivant celui des nœuds de la lune, s'accomplit en 19 ans environ, temps de la révolution complète de ces nœuds.

La période de la nutation étant précisément celle du mouvement des nœuds de la lune, il était naturel de penser que ces deux phénomènes étaient nécessairement liées l'un à l'autre; c'est ce que le calcul a démontré. L'effet

de ce balancement ne doit pas être confondu avec les variations de l'obliquité de l'écliptique dont nous allons parler.

Les deux inégalités que nous venons de signaler dans les mouvemens de la terre sont certainement les deux principales auxquelles elle est soumise; mais il en est encore une autre assez importante, et qui résulte de l'ensemble des attractions que les planètes réunies exercent également sur le globe, c'est le déplacement graduel du plan de l'écliptique dans le ciel, et la diminution, par siècle, de son inclinaison sur l'équateur d'une quantité égale ou à peu près égale à 52″,1154 (environ le centième de la précession $\frac{1}{3}''$ par an, 1′ après 115 ans, 1° en 6900 ans).

L'ensemble des observations recueillies par les plus anciens observateurs établit d'une manière positive la réalité de ce changement d'obliquité, et l'analyse mathématique la plus sévère est encore venue ajouter à sa confirmation. On reconnaît encore les effets de cette diminution en comparant les situations des étoiles, relativement à l'écliptique, à des époques très éloignées. On peut s'en assurer surtout pour les étoiles voisines des solstices d'été et d'hiver.

Celles qui étaient autrefois au nord de l'écliptique près du solstice d'été, sont maintenant plus avancées vers le nord en s'éloignant de ce plan : au contraire, celles qui, suivant le témoignage des anciens astronomes, étaient autrefois situées au midi de l'écliptique près du solstice d'été, se sont rapprochées de ce plan, et quelques unes s'y trouvent maintenant comprises, et l'ont même dépassé en se portant vers le nord. Des changemens inverses ont eu lieu vers le solstice d'hiver. Toutes les étoiles participent à ces mouvemens, mais diversement, et d'autant moins qu'elles sont plus voisines de la ligne des équinoxes. Hipparque est le premier qui ait observé ces déplacemens des étoiles par rapport aux équinoxes; mais, dans sa théorie, se fiant toujours aux apparences, il rapportait ce mouvement aux étoiles, au lieu de le supposer au plan de l'écliptique, comme cela est réellement.

M. Laplace, à qui nous devons les calculs qui ont établi ces résultats, a démontré que cette diminution d'obliquité de l'écliptique n'irait pas toujours en augmentant; selon lui, une époque viendra, à laquelle ce mouvement commencera à se ralentir, puis il s'arrêtera entièrement, et ensuite recommencera dans un sens contraire. Il

s'éloignera graduellement du plan de l'équateur, et il en résultera un balancement dont les limites, très peu étendues, n'iront guère au-delà de 1 à 3°. C'est ainsi que se sont évanouies ces espérances si flatteuses d'un printemps perpétuel.

C'est à cette variation d'obliquité dans le plan de l'écliptique, que l'on attribue le déplacement, par rapport au soleil, d'un puits qui existait autrefois dans la ville de Syène en Égypte, et qui était devenu célèbre par les observations d'Ératosthènes, de Strabon et de Ptolémée. Syène, qui, d'après ces astronomes, se trouvait jadis sous le tropique, en est maintenant assez éloignée, et le bord même du soleil, qui autrefois donnait en entier dans le fond du puits au moment du solstice, l'atteint à peine maintenant.

Enfin, les dernières perturbations qui se rencontrent dans le mouvement de la terre sont celles que déterminent ses rapports avec la Lune, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne, et en vertu desquelles elle dépasse, tantôt en dedans, tantôt en dehors, l'ellipse exacte qu'elle est censée parcourir. Il en résulte, dans les rayons vecteurs et dans la longitude, des variations; mais elles sont très légères.

Des Marées.

C'est ici le lieu d'expliquer un phénomène qui a été le sujet d'un grand nombre d'hypothèses : je veux parler de ces oscillations régulières et périodiques qu'on observe dans les eaux de la mer, et qui portent le nom de *marées*. Les eaux de la mer jouissent d'une mobilité qui les fait céder facilement aux plus légères impressions ; l'océan est ouvert de toutes parts, et les grandes mers communiquent entre elles : ces circonstances contribuent à la production des marées, qui ont principalement pour cause l'action combinée du soleil et de la lune. Considérons d'abord la seule action de la lune sur la mer, et supposons cet astre dans le plan de l'équateur. Il est évident que si la lune imprimait des forces égales et parallèles au centre de gravité de la terre, et à toutes les molécules de la mer, le système entier du sphéroïde terrestre et des eaux qui le recouvrent serait animé d'un mouvement commun ; et l'équilibre des eaux ne souffrirait aucune atteinte. Cet équilibre n'est donc troublé que par l'inégalité de leurs directions. La lune exerce, sur les molécules de la mer qui sont en quadra-

ture avec elle, une action oblique, qui conséquemment se décompose; elle augmente ainsi leur pesanteur vers la terre, tandis qu'elle diminue celle des molécules qui lui répondent directement : il faut donc, pour qu'il y ait équilibre dans les molécules de la mer, que les eaux s'élèvent sous la lune, afin que l'excès de pesanteur des molécules en quadrature soit compensé par la plus grande hauteur de la mer vis-à-vis la lune. Les molécules de la mer situées dans le point correspondant de l'hémisphère opposé, moins attirées par la lune que le centre de la terre, à cause de leur plus grande distance, se porteront moins vers cet astre que le centre de la terre; celui-ci tendra donc à s'écarter des molécules, qui seront dès-lors à une plus grande distance de ce centre, et qui seront encore soutenues à cette hauteur par l'augmentation de pesanteur des colonnes placées en quadrature, qui communiquent avec elles. Il suit de là 1°. que, par l'action de la lune, il se formera sur la terre deux promontoires d'eau, l'un du côté de la lune, l'autre du côté opposé : ce qui donnera à la mer la figure d'un sphéroïde allongé, dont le grand axe passera par le centre de la lune et de la terre; 2°. que la marée sera haute

sous la lune et basse à 90° de distance de cet astre : le grand axe du sphéroïde formé par la lune suivrait exactement le mouvement de cet astre, et il n'y aurait dans chaque lieu que deux élévations des eaux par mois, si la terre n'avait pas un mouvement de rotation; en vertu de ce mouvement, quoiqu'elle soit soumise aux mêmes lois, on confond les oscillations des eaux qui dépendent de l'action du soleil avec celles qui ont pour cause l'action de la lune; celle du soleil change seulement le flux et le reflux lunaire de la mer, et cela arrive tous les jours, à cause de l'inégalité du jour solaire et du jour lunaire.

Dans les syzygies, l'action de la lune concourt avec celle du soleil pour élever les eaux. Dans les quadratures, les eaux de la mer sont abaissées par l'action du soleil, au point où elles le sont par celle de la lune, et réciproquement; d'où il résulte que les plus grandes marées doivent arriver aux nouvelles et pleines lunes; les plus petites au premier et au second quartier de la lune. Cependant la plus haute marée n'arrive pas et ne doit pas arriver précisément le jour de la nouvelle et pleine lune, mais seulement deux ou trois jours après, parce que le mouvement

acquis n'est pas subitement détruit, et ce mouvement augmente l'élévation des eaux, quoique l'action instantanée du soleil soit réellement diminuée. Nous avons supposé jusqu'ici la lune et le soleil situés dans le plan de l'équateur; faisons varier à présent leurs déclinaisons, nous verrons varier dans un rapport inverse l'élévation des eaux, que fait naître l'action combinée de ces astres. Concevons en effet la lune et le soleil placés au pôle, alors l'axe du sphéroïde coïncide avec l'axe de la terre; toutes les sections parallèles à l'équateur sont perpendiculaires à l'axe du sphéroïde, et conséquemment circulaires, de sorte que l'eau, sous chaque cercle de latitude, a partout la même élévation qui, par le mouvement de la terre, ne change pas en certains lieux. Si le soleil et la lune s'éloignent du pôle, il est aisé de voir que l'élévation des eaux augmente de plus en plus jusqu'à ce qu'elle ait atteint son maximum; le sphéroïde ayant fait sa révolution autour d'une ligne perpendiculaire à son axe, elle présente à la lune, dans l'espace de 24 heures, tous ses méridiens, qui sont conséquemment tour à tour, et dans un intervalle de 6 heures, tantôt sous la lune, tantôt à une distance de 90° de cet astre; d'où il résulte que

pendant le temps qui s'écoule entre le départ de la lune d'un méridien, et son retour suivant au même méridien, c'est-à-dire dans l'espace d'un jour lunaire qui surpasse le jour solaire d'environ 50′, les eaux de la mer s'élèveront deux fois et s'abaisseront deux fois dans tous les lieux de la terre. Celle-ci tournant sur son axe, et emportant avec elle à l'orient de la lune les molécules d'eau les plus élevées, elles continueront de s'élever encore par l'action de la lune, et quoique cette action moins directe diminue à chaque instant, elle subsiste et contribue à leur élévation, qui conséquemment ne peut avoir atteint son maximum au moment même où la lune passe par le méridien, mais à peu près trois heures après le passage, une seconde cause tend à produire le même effet. Les eaux placées en quadrature à l'occident de la lune, et portées vers sa conjonction avec cet astre par le mouvement de rotation de la terre, seront continuellement élevées dans ce quart de leur jour, se mouvront après la syzygie avec cette somme d'accélérations, et rencontrant alors des molécules continuellement plus retardées que la terre, il se formera deux courans contraires qui placeront la plus grande élévation à 45° après la syzygie.

Pour des raisons semblables, la plus grande dépression des eaux n'arrivera pas à la quadrature, mais à 45° de ce point, et trois heures après. Considérons à présent l'action du soleil, que nous supposons aussi dans le plan de l'équateur; il est évident qu'elle doit exciter dans l'Océan une agitation semblable à celle qui résulte de l'action de la lune, de manière que les eaux s'élèvent deux fois et s'abaissent deux fois chaque jour solaire; mais, à cause de l'immense distance du soleil, cette agitation est beaucoup plus petite que celle qui résulte de l'action de la lune, supposant l'axe du sphéroïde dans le plan de l'équateur. On voit par là pourquoi dans les syzygies près des équinoxes, on observe les plus grandes marées: le soleil et la lune étant dans l'équateur ou près de l'équateur, ces astres exercent sur les eaux une action d'autant plus grande que leur distance à la terre est plus petite; c'est pourquoi, le soleil étant moins éloigné de la terre lorsqu'il parcourt les signes méridionaux, on observe souvent deux grandes marées équinoxiales dans cette position du soleil, c'est-à-dire avant l'équinoxe du printemps et après l'équinoxe d'automne. Cela n'arrive pourtant pas tous les ans, parce qu'il peut y avoir

variation produite par la situation de l'orbite de la lune, et par la distance de la syzygie à l'équinoxe. Ces lois du flux et du reflux seraient parfaitement d'accord avec les phénomènes, si les eaux de la mer recouvraient toute la surface de la terre : cela n'est pas, et il en résulte des anomalies, non en pleine mer, parce que l'Océan a assez d'étendue pour éprouver les oscillations dont nous avons parlé; mais la situation des rivages, les détroits et beaucoup d'autres circonstances qui dépendent de la position particulière des lieux, portent quelques atteintes aux règles générales. Des observations exactes et multipliées ne nous permettent pourtant pas de douter que le flux et le reflux ne soient soumis aux lois que nous venons d'exposer.

Des masses planétaires.

C'est encore à l'aide du principe de l'attraction que l'on est parvenu à connaître la masse et la densité des corps des planètes, dont nous avons donné l'évaluation dans un tableau ci-dessus. Puisque en effet l'attraction s'exerce avec d'autant plus d'énergie que la masse est plus forte, en calculant la puissance attractive de

deux corps, la masse de l'un étant connue, il sera très facile de déterminer celle de l'autre par une simple proportion. Ce fut par cette méthode que Cavendish parvint à apprécier la masse de notre globe ; il se servit de la balance de Coulomb, qui consiste en un fil très mince et non tendu, à l'extrémité duquel est suspendu une aiguille susceptible de céder à la moindre force d'attraction. Supposons maintenant auprès de cette aiguille une sphère homogène, de plomb, par exemple ; elle agira sur l'aiguille comme si toute son action était réunie à son centre, et fera éprouver à l'aiguille des oscillations dont on appréciera la durée. Si maintenant on compare la longueur de l'aiguille à celle d'un pendule que la gravité ferait osciller de la même manière, on en déduit le rapport de la force d'attraction de la sphère de plomb à celle de la gravité, qui n'est que l'action exercée par la masse entière du globe sur les corps placés à sa surface ; on a donc ainsi le rapport des masses de la sphère de plomb et de la terre.

Les astronomes peuvent encore parvenir au même résultat, à l'aide d'une autre méthode, mais toujours fondée sur le même principe. Puisque, avons-nous dit, la vitesse de révolu-

tion des satellites dépend de la puissance d'attraction de leur planète, on pourra déduire leurs masses de leurs vitesses; ainsi le premier satellite de Jupiter est à une distance du centre de cette planète à peu près égale à celle de la lune; cette dernière n'est en effet éloignée de plus qu'elle que d'un 12e. Or, si les deux satellites accomplissaient leur révolution entière pendant le même espace de temps, la force qui les solliciterait à se mouvoir serait la même. Jupiter, sous un volume beaucoup plus considérable, n'aurait réellement qu'une quantité de matière équivalente à celle de la terre; mais son satellite tourne 16 fois plus vite que la lune à des distances égales; la force centrale est quadruple pour une vitesse double, puisqu'elle croît comme le carré de la vitesse. La force centrale de Jupiter est donc 256 fois celle de la terre, quantité qui donne en même temps la masse.

Une fois la masse et le volume connus, il est facile de déterminer la densité; il suffit pour cela de diviser la masse par le volume. Cavendish a trouvé que la densité moyenne de notre globe est 5,48 fois celle de l'eau, ainsi que Newton l'avait prévu.

De l'atmosphère et de la lumière dans leurs rapports avec l'astronomie.

Dans toutes les observations astronomiques que nous avons signalées successivement à nos lecteurs, nous n'avons point tenu compte de l'interposition de l'air entre nous et les astres qui sont le sujet de notre étude. Nous allons voir que ce fluide élastique, transparent, composé de plusieurs gaz de nature différente, tenant en suspension les vapeurs des liquides répandus à la surface de notre globe, mérite la plus haute importance par l'influence qu'il exerce sur les phénomènes que nous découvrons dans le ciel. Ses propriétés très nombreuses en font un des sujets d'étude les plus compliqués de la physique. Nous ne nous occuperons que de celles qui sont relatives à l'astronomie.

Un des premiers résultats qu'il nous est important de connaître, est de déterminer la hauteur de l'atmosphère, et nous serons obligé, pour y parvenir, d'entrer dans quelques détails.

Et, d'abord, l'air est-il pesant? Oui. La solution de cette question ne remonte pas à une époque très éloignée; quelques auteurs prétendent

que les anciens l'avaient méconnue presque entièrement; d'autres assurent que la pesanteur de l'air avait été soupçonnée même avant Aristote; quoi qu'il en soit, Galilée fut le premier qui accrédita la vérité de cette opinion, bien qu'elle eût été reconnue avant lui par un médecin français nommé Jean Rey. C'est sur cette propriété qu'est fondé l'un des instrumens les plus précieux en physique, et d'un très fréquent usage; je veux parler du *baromètre*, qui consiste tout simplement en un tube fermé à l'une de ses extrémités, tandis que l'autre, ouverte, est plongée dans un liquide quelconque, après que le vide a été fait préalablement. On voit alors que le liquide, étant pressé par la masse d'air au-dessous de laquelle il est placé, s'élève dans le tube à une hauteur qui fait justement équilibre à la pression de l'air, s'il est vrai que l'air pèse. En employant le mercure, on trouve que ce liquide s'élève au niveau des mers à une hauteur moyenne de 76 centimètres, la température étant de 12° centigrades. Cependant les particules de l'air atmosphérique étant, comme celles de tous les gaz, susceptibles de se rapprocher et de prendre un volume moins considérable, les couches supérieures devront comprimer les plus basses, et

leur faire prendre une plus grande densité, en sorte que la pression sera d'autant plus forte que l'on sera plus près des couches inférieures. C'est en effet ce que le baromètre nous permet d'apprécier avec exactitude ; car si l'on se transporte au sommet d'une haute montagne, le poids de la colonne d'air située au-dessus du liquide, diminuant graduellement à mesure qu'on arrive à une plus grande hauteur, le liquide ayant à soutenir une pression moindre, s'abaissera dans le tube. Que faudra-t-il donc faire pour obtenir la hauteur de l'atmosphère ? car c'est ainsi qu'on appelle cette enveloppe gazeuse répandue sur toute la circonférence du globe. Il suffira de savoir de combien il faut s'élever pour que le liquide soit baissé d'une certaine quantité, et alors, au moyen d'une simple proportion, on arriverait au résultat demandé ; mais la compressibilité de l'air, d'où résulte la différence de densité des couches inférieures et supérieures, change les rapports des unes et des autres. On sait, en effet, que si le liquide baisse d'un millimètre, à la hauteur de $10^{m},5$ au-dessus du niveau de la mer, si l'on veut qu'il s'abaisse de nouveau de la même quantité, il ne suffira plus de s'élever de $10^{m}5$, il faudra atteindre à une hauteur bien plus

considérable. M. Laplace a démontré, par le calcul, qu'en supposant la température de l'air partout la même, les hauteurs du mercure, par exemple, diminuent en progression géométrique lorsque les élévations au-dessus du niveau de la mer croissent en progression arithmétique. Du reste, ce résultat est sujet à beaucoup de modifications de la part du froid, de la chaleur, de l'état hygrométrique, etc., etc. On a évalué aussi, d'après le résultat moyen, la hauteur de l'atmosphère à environ 16 à 17 lieues; son volume est le 29e de celui du globe; son poids n'en est que les 43 millièmes, en supposant à la terre 5 fois et demie la densité de l'eau.

Qu'y a-t-il au-delà de l'atmosphère? Cette question n'a pas encore été résolue. Les uns veulent qu'il y ait un vide absolu, quoique ce soit assez difficile à concevoir; les autres pensent, au contraire, qu'il existe un fluide impondérable, excessivement subtil et remplissant les intervalles immenses qui séparent tous les corps célestes: ils lui ont donné le nom d'*éther*. On a objecté que ce fluide, quelque subtil qu'il soit, devrait à la longue devenir une cause rétardatrice du mouvement des planètes.

Le point sous lequel l'atmosphère mérite sur-

tout d'être étudiée, c'est sous le rapport de l'action qu'elle exerce sur les rayons lumineux qui nous sont envoyés par les corps célestes. Ceux-ci, en effet, en traversant les différentes couches d'air qui la composent, éprouvent un grand nombre de modifications qui donnent lieu aux phénomènes les plus variés.

C'est à leur décomposition à travers la ceinture gazeuse qui nous environne que nous devons cette couleur azurée que nous découvrons pendant les beaux jours dans toute l'étendue de la voûte céleste, et dont la nuance légère affaiblit l'impression trop vive des rayons solaires. C'est par un effet semblable que nous voyons, au lever et au coucher du soleil, les nuances les plus variées de rose, de pourpre et de jaune, qui ont été de tout temps un sujet d'admiration pour tous les hommes.

Les rayons lumineux qui traversent l'atmosphère, et qui ne sont point absorbés ou renvoyés par elle, éprouvent de sa part une espèce d'attraction qui les écarte de la droite suivant laquelle ils se meuvent habituellement, et qui les courbe sans cesse vers la terre : c'est ce phénomène qui constitue la *réfraction*. Sans cette propriété, nous verrions la nuit succéder brus-

quement au jour, et nous serions privés de cette faible lumière qui, passant successivement par les teintes les mieux ménagées, nous prépare ainsi au retour ou à la disparition de l'astre du jour. Ces deux phénomènes, que l'on a désignés sous les noms d'*aurore* et de *crépuscule*, sont sujets à des variations assez grandes, suivant la diversité des saisons et des lieux. Le calcul a fait voir que, par l'effet de la réfraction de l'atmosphère, le jour ne cessait de luire pour nous que quand le soleil était parvenu à 18° au-dessous de l'horizon. C'est par un effet de ce genre qu'une pièce d'argent placée au fond d'un vase vide et cachée par ses parois devient visible au moment ou ce vase est rempli d'eau. En général, lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu dans un autre, il se réfracte, c'est-à-dire, que si l'on conduit une normale au point d'incidence, ce rayon s'en rapprochera s'il passe d'un milieu moins dense dans un milieu plus dense (de l'air dans l'eau, par exemple), et s'en éloignera s'il passe du milieu plus dense dans le milieu moins dense, comme de l'eau dans l'air.

Les réfractions produites par l'atmosphère doivent donc avoir pour effet de faire varier les positions apparentes des astres. En effet, la den-

sité des couches de l'atmosphère augmentant à mesure que ces couches sont plus rapprochées de la surface terrestre, ces couches peuvent être considérées relativement les unes aux autres comme des milieux différens, et les rayons lumineux s'infléchissent alors de plus en plus, à mesure qu'ils pénètrent plus profondement dans l'atmosphère; puis, comme la densité de l'air ne change qu'insensiblement, la déviation de ces rayons est presque insensible d'une couche à l'autre, et leur route, au lieu de former un système de lignes brisées, n'est autre chose qu'une courbe concave vers la surface terrestre. Il est facile de s'expliquer maintenant comment cette réfraction élève les objets au-dessus de leur lieu réel; car l'observateur qui reçoit le rayon suivant sa dernière direction, habitué qu'il est à se figurer les objets sur la direction des rayons qu'ils envoient, les jugera placés sur le prolongement de la tangente à la courbe; c'est ainsi que la *réfraction* augmente les hauteurs apparentes des astres, et diminue les distances au zénith. Du reste, l'expérience prouve que les rayons lumineux n'éprouvent aucune réfraction lorsque leur direction est perpendiculaire aux surfaces des milieux qu'ils traversent : la réfraction

sera donc tout-à-fait nulle lorsque l'astre sera au zénith ; mais elle prouve aussi que la réfraction augmente avec l'obliquité : la réfraction sera donc la plus grande possible à l'horizon, où le rayon lumineux rencontre les couches atmosphériques le plus obliquement possible.

On doit voir quelle importance il y a pour les astronomes à tenir compte de ces influences dans leurs calculs.

Quelle peut être la vitesse de la lumière ? Cette découverte toute récente a suffi pour immortaliser son auteur. Galilée avait déjà cherché à la connaître ; il avait essayé d'y parvenir en calculant le temps qu'elle mettait à parcourir un espace assez considérable qui le séparait d'un corps lumineux qu'il faisait découvrir à volonté, tandis que lui-même observait à un point directement opposé ; il était arrivé à conclure que la lumière avait une vitesse infinie. On n'avait pas cherché depuis à faire d'autres expériences, lorsque Roëmer, astronome danois, s'aperçut que le temps qui s'écoulait entre le moment où les éclipses des satellites de Jupiter devenaient sensibles, éprouvait des différences suivant la position de la terre sur l'écliptique. En effet, lorsque le premier satellite pénètre dans le cône

d'ombre de Jupiter, il s'éclipse pour reparaître ensuite plus tard; et nous savons que le phénomène revient, terme moyen, toutes les $42^h29'$ lorsque nous sommes en opposition. Si la vitesse de la lumière était infinie, le temps qui s'écoule entre l'intervalle de deux éclipses ne devrait jamais varier; mais lorsque notre globe s'éloigne de plus en plus de Jupiter, il n'en est plus ainsi: les éclipses retardent d'autant plus que le moment de la conjonction approche davantage, époque à laquelle la distance étant la plus grande possible, les retards sont aussi les plus forts, et il est bien certain qu'ils ne dépendent d'autre chose que de la translation progressive de la terre dans l'écliptique; et, ce qui ne permet plus de douter de la vérité de cette opinion, c'est que les retards diminuent à mesure que cette même translation ramène l'observateur près de Jupiter. Ces observations, qui ont été répétées avec le plus grand soin sur les autres satellites de Jupiter, s'accordent à établir que la lumière n'emploie à traverser le grand axe de l'écliptique que $16' 26''$, ce qui donne $8' 13''$ pour le temps qu'elle met à nous venir du soleil à sa distance moyenne. Elle parcourt donc par minute 2931 rayons terrestres, ou 4,200,000 lieues (en-

viron 70,000 par seconde). Cette vitesse prodigieuse, que l'on ne peut révoquer en doute, est 400,000,000 de fois plus grande que celle d'un boulet de canon, et 10,000 fois plus que celle de la terre.

Il résulte de là qu'au lever du soleil nous ne recevons les premiers rayons que 8′ 13″ après leur émission : c'est donc autant de retard pour nous sur son lever réel. La lumière nous parvient de la lune en 1″, 2.

Le mouvement de la lumière produit un phénomène aperçu la première fois par Bradley, qui lui donna le nom d'*aberration*. Son effet est dû au mouvement de translation de la terre dans son orbite; en effet, soit (*fig.* 15) E une étoile à une distance immense de la terre T, si la terre et l'étoile étaient immobiles, l'observateur apercevrait l'étoile suivant E T, quel que soit le temps employé par la lumière à parvenir jusqu'à lui; mais puisque la terre se meut, soit l'espace qu'elle parcourt en un temps donné représenté par la droite T *t*, et celui que parcourt la lumière pendant le même temps représenté par A *t*. Le corpuscule lumineux arrive avec une vitesse A T frapper l'œil, tandis que l'œil vient choquer ce globule avec une vitesse *t* T.

Le premier choc ferait voir l'astre suivant T A; le second, s'il était seul, le ferait voir sur T C, car l'observateur venant de *t* en T, est affecté comme si la lumière venait de C en T; il en résulte, suivant la loi de la composition des forces, une sensation mixte suivant la diagonale T B du parallélogramme A B C T. L'étoile paraîtra donc en B, c'est-à-dire portée en avant d'une quantité angulaire A T B d'à peu près 20″.

La comparaison ingénieuse dont se sert M. Francœur, dans son *Uranographie*, servira très bien à faire comprendre ce phénomène. Placé, dit-il, dans une voiture en repos et ouverte par-devant seulement, l'on est abrité de la pluie qui tombe verticalement; mais si la voiture court, elle se présente au-dessous de la pluie, avant que l'eau ait pu atteindre à terre: on reçoit donc la pluie, qui semble tomber obliquement. C'est par cette raison que nous voyons les astres toujours un peu en avant de leur lieu réel.

NOTIONS DE GNOMONIQUE.

La gnomonique est l'art de construire les cadrans solaires; elle enseigne à les tracer sur toutes sortes de surfaces; mais laissant de côté les problèmes plus curieux qu'utiles que cet art présente, nous nous bornerons à mettre nos lecteurs en état de tracer facilement ceux des cadrans le plus généralement employés.

Il est nécessaire, avant de passer à la construction de chacun d'eux, de définir quelques termes et de poser quelques principes qui faciliteront l'intelligence de cette courte exposition.

Nous avons vu que, par l'effet du mouvement diurne, le soleil paraissait décrire autour de notre axe, des arcs de 15° par heure; or, si l'on conçoit la sphère coupée par douze plans passant tous par les pôles, et distans entre eux de 15°, le soleil, décrivant chaque jour un cercle parallèle à l'équateur, les atteindra suc-

cessivement dans des intervalles égaux, et ces *plans horaires* rencontreront l'horizon suivant douze droites qui prennent le nom de *lignes horaires*. Si nous faisons maintenant abstraction de ces cercles pour ne conserver que l'axe et le plan qui contient leurs traces, ou les lignes horaires, nous aurons un cadran solaire placé au centre de la terre ; mais à cause de la grande distance du soleil et de la petitesse de notre globe, un point quelconque de la surface peut être considéré dans le cas actuel comme le centre de la sphère ; dès-lors, si l'on y transporte parallèlement à leur première position, et la surface et l'axe, le cadran solaire sera tracé pour ce lieu. Il résulte de là que, *dans tout cadran solaire, le style est situé dans le méridien ; il est, de plus, parallèle à l'axe de la terre, c'est-à-dire que pour le lieu où le cadran est construit, ce style est incliné sur l'horizon comme l'est l'axe terrestre, d'un nombre de degrés égal à l'élévation du pôle, qui, comme nous le savons, est égal à la latitude.*

Il faut donc, avant de procéder à la construction d'un cadran, 1°. tracer une méridienne ; 2°. chercher l'élévation du pôle, ou la latitude du lieu. Nous avons déjà résolu le premier problème assez exactement pour le but que nous

nous proposons (page 24); la table qu'on trouve à la fin du Manuel résout le second pour les principales villes de France; pour les lieux qui ne sont point compris dans cette table, il faudra consulter un bon dictionnaire géographique.

Procédons maintenant au tracé des cadrans, et commençons par le plus facile, celui du *cadran équinoxial*; la construction en est si simple qu'on la peut concevoir facilement sans figure.

En effet, il suffit de diviser un cercle en vingt-quatre parties égales, de placer au centre, et bien perpendiculairement au plan du cadran, un style qui le percera de part en part, puis de marquer du n° 12 l'extrémité d'un des rayons. Ce rayon représente l'intersection du cadran avec le méridien; le chiffre 12 est tourné entre le style et le nord. Les points de division du côté de l'orient, et à partir du n° 12, prennent successivement les n^os^ 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc.; ce sont les heures du soir; ceux de l'occident, à partir du même point, sont marqués 11, 10, 9, 8, 7, 6, etc.; ce sont les heures du matin. Il ne s'agit plus que de tracer une méridienne sur un plan parfaitement horizontal, et d'assujettir convenablement le cadran sur ce plan, c'est-à-dire de manière que le style soit parallèle à

l'axe terrestre, et que le rayon 12 soit compris dans le plan du méridien; pour cela, on construit séparément un triangle rectangle dont un des deux angles aigus sera égal à la latitude du lieu; ce triangle est ensuite placé bien verticalement, l'hypothénuse sur la méridienne horizontale, et l'ouverture de l'angle de latitude tournée du côté du nord. On place alors le cadran bien perpendiculairement au plan de ce triangle, ces deux plans ayant pour intersection commune le rayon 12.

Ce que cette explication pourrait avoir d'obscur deviendra très intelligible en exécutant le tracé.

Le cadran équinoxial, ainsi nommé parce que le soleil se trouve dans son plan le jour de l'équinoxe, devra avoir deux faces, une au nord, ou supérieure, pour le temps où le soleil a une déclinaison boréale; l'autre au midi, ou inférieure, pour le temps des déclinaisons australes. Le style qui le traverse sert alors pour l'une et l'autre face. Si l'on voulait que ce cadran donnât les heures, les jours même des équinoxes, il faudrait munir sa circonférence d'un rebord ou anneau perpendiculaire qui recevrait l'ombre du style. Il est clair que si l'on voulait avoir les

demi-heures, il suffirait de diviser le cercle en quarante-huit parties. En dessinant ce cadran sur une glace, on s'épargne un des deux tracés.

Cadran horizontal. C'est le plus commun dans l'usage ordinaire, parce qu'on le place sur une fenêtre, sur un pilier, dans un jardin, etc. Après s'être assuré que le plan sur lequel on veut faire le cadran est parfaitement horizontal, on y tracera une méridienne C XII (*fig.* 16).

Par quelque point A de cette méridienne, on fera passer une perpendiculaire A S d'une longueur telle que C S, qui représente le style couché sur le cadran, fasse avec AC un angle SCA égal à la latitude du lieu. Du point S, on conduira une perpendiculaire S E à S C, qui ira rencontrer la méridienne C XII en E.

Par ce point E, on conduira une perpendiculaire indéfinie N E Q R à la méridienne. Prenant alors sur la méridienne, et à partir de E, une partie E S′ égale à E S, on décrira du point S′ comme centre une demi-circonférence qu'on divisera en douze parties égales. Par le centre S′ et les intersections I, i''', i'', i', etc., on conduira les droites S′ I, S′ i''', S′ i'', etc., qui, prolongées suffisamment, iront rencontrer N R, en R, r''', r'', ... n, n', n'', ... Par ces

points et par C, origine du style, on tirera VII. COR C. VIII C. IX, qui iront se terminer au bord du cadran; ce sont les lignes horaires qu'on cherche. La ligne de six heures VI. VI ne rencontre point la ligne N R, elle est perpendiculaire à la méridienne au point C.

Si l'on voulait avoir les lignes horaires des demi-heures, ce ne sont point les lignes E r, rr', $r'r''$, etc., qu'il faudrait diviser en deux parties égales, mais bien les arcs E i, ii', $i'i''$, etc., qui donneraient sur l'équinoxiale des points d'intersection comme pour les heures.

Il est évident que le triangle CSA, que nous avons tracé dans le plan du cadran, devra être relevé perpendiculairement à ce plan, en faisant décrire au sommet S un quart de circonférence autour de AC comme charnière, toutes les conditions sont alors satisfaites.

On pourrait être embarrassé pour trouver le point R situé hors du cadran; si l'espace ne permettait point d'exécuter la construction de la *fig.* 16, on pourrait y suppléer par le calcul suivant, qui exige que le bord du cadran soit bien parallèle à la méridienne C XII. Les points P et Q étant donnés par le tracé, on connaît P Q, on le mesure ainsi que E C et E S'; en multipliant

entre elles les deux premières quantités, et divisant le produit PQ×EC par ES′, on a la valeur OQ qu'on porte de Q en O, on peut alors conduire CO. Nous ferons remarquer d'ailleurs que la partie orientale du cadran ne diffère en rien de la partie occidentale. On peut donc à la rigueur ne tracer que la partie comprise dans l'angle VI, C, XII. On prend ensuite E n = E r, E n' = E r', et ainsi de suite, ou mieux encore, si le cadran est bien rectangulaire, et si la méridienne le partage bien exactement en deux parties égales, on peut prendre sur les bords les parties XII, I = XII, XI. XII, II = XII, X, ou chacune à chacune X, IX = II, III. IX, VIII = III, IX.

On conçoit qu'il n'est point nécessaire de tracer ce cadran sur l'emplacement même qu'il doit occuper; rien n'empêche de le construire dans le cabinet, sur une planche ou sur une ardoise; il suffit ensuite de l'orienter, c'est-à-dire de faire en sorte que la ligne C, XII, soit bien exactement placée dans le plan du méridien.

Cadrans verticaux.

Cadran méridional. C'est celui qui est tourné directement vers le sud. Il ne peut marquer que

de six heures du matin à six heures du soir. La méthode de tracé ne diffère de celle du cadran horizontal (*fig.* 16) qu'en ce qu'on fait l'angle S C A égal au *complément* de la latitude du lieu. On trouve ce complément en retranchant la latitude donnée de 90°; ainsi pour Paris, par exemple, dont la latitude est de 48° 50′ (*voyez* la table des latitudes), il faudrait faire S C A de 90° moins 48° 50′, c'est-à-dire de 41° 10′; de plus, l'intersection du méridien avec le cadran devant toujours être C, XII, il faudra renverser les heures, c'est-à-dire mettre XI^{h} à la place de I^{h}, X^{h} pour II^{h}, IX^{h} pour III^{h}, et réciproquement. Le point XII marqué nord dans le cadran horizontal n'est plus au nord dans le cadran vertical; on voit donc qu'un cadran vertical pour un lieu donné n'est autre chose qu'un cadran horizontal tracé pour une latitude complémentaire.

Cadran oriental. C'est celui qu'on trace sur le côté du méridien qui regarde directement l'orient, il ne peut donc marquer que jusqu'à midi exclusivement. Il n'y a point de méridienne à tracer. On tire (*fig.* 17) une droite A B bien parallèle à l'horizon, et une autre A K qui fasse avec la première un angle égal au complément de la la-

titude. Par un point quelconque D, on conduit une perpendiculaire 6, D, et à ce même point D, on plante bien perpendiculairement, au plan du cadran, un faux style de quelques pouces de hauteur, à l'extrémité duquel on fixe le vrai style en l'inclinant parallèlement à D, 6. Du point D comme centre, on décrit une circonférence qui se trouve ainsi divisée en quatre parts. On subdivise chaque quart en six parties, et par les points de division, on tire les droites D 4, D 5, D 7, D 8, etc., qui par leur rencontre avec les parallèles 4, 11 qui limitent le cadran, donne la position des lignes horaires 11, 11. 10, 10. 9, 9. Il est facile de voir que ce cadran satisfait aux conditions que nous avons énoncées plus haut.

Cadran occidental. C'est celui qu'on trace sur le côté occidental du méridien. La méthode de tracé ne diffère en rien de celle du cadran oriental (*fig.* 17); seulement le cadran occidental ne marquant que depuis une heure jusqu'au coucher du soleil, ce sont les heures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, etc., qu'il faudra successivement mettre à la place de 11, 10, 9, 8, 7, 6, etc.

Nous avons vu qu'une montre ou une horloge bien réglée ne doit s'accorder avec le soleil

que quatre fois par an, et que dans tous les autres jours elle doit avancer ou retarder sur les heures solaires d'une manière fort irrégulière, parce qu'elle dépend de deux causes, qui tantôt tendent à se compenser, tantôt agissent en sens contraire. Cette quantité d'*avance* ou de *retard* dans un jour donné se nomme l'*équation du temps*, et on la trouve indiquée dans les éphémérides, pour chaque jour de l'année, en minutes, secondes et dixièmes de seconde. Mais les montres ordinaires de poche, n'étant pas susceptibles de marcher aussi uniformément que les horloges ou les garde-temps, on a pensé qu'il servirait à la plupart des amateurs qui désirent régler leurs montres, c'est-à-dire savoir de combien elles avancent ou retardent par jour sur le temps moyen ou uniforme, d'avoir une table dans laquelle on trouverait l'indication des jours de l'année auxquels le temps moyen avance ou retarde sur le temps vrai ou solaire d'un nombre entier de minutes. On peut voir, en la consultant, que le 2 janvier la montre doit avancer de 4 minutes sur l'heure du soleil; que le 1er février elle doit avancer de 14 minutes, et se conserver ainsi jusqu'au 21 du même mois; de là avancer moins chaque jour, jusqu'au 16 avril, jour au-

quel elle doit s'accorder avec le soleil ; puis retarder jusqu'à un maximum de 4 minutes seulement, qui tombe au 15 mai, et se retrouver d'accord avec le soleil vers le milieu de juin, etc. On peut remarquer que la plus grande différence entre les deux temps qui ait lieu dans toute l'année répond à la fin d'octobre, et s'élève jusqu'à 16 minutes ; et que dans le courant de décembre, la montre, qui le 1er de ce mois retardait de 11 minutes, doit avancer de 3 minutes le 31 ; ce qui fait une différence d'un quart-d'heure dans ce mois, différence dont on accuserait la montre, tandis que c'est à la marche apparente du soleil qu'elle doit être réellement attribuée.

Il est aisé de comprendre que cette table d'*équation du temps*, étant bornée aux minutes, ne peut être à peu près exacte que jusqu'à ce degré ; mais il est suffisant pour la très grande pluralité de montres ordinaires ; pour les autres, on aura recours aux tables complètes calculées pour tous les autres jours.

Nous terminerons ici ces notions de gnomonique, en renvoyant le lecteur aux traités spéciaux pour les cadrans déclinans, cadrans sans centre, etc., etc.

TABLE des jours de l'année moyenne auxquels une montre réglée doit avancer ou retarder d'un nombre entier de minutes sur le midi du soleil.

JOURS.		Avance. Minutes.	JOURS.		Retard. Minutes.	JOURS.		Retard. Minutes.
Janvier.	2	4	*Mai.*	1	3	*Octobre.*	4	11
	4	5		15	4		7	12
	6	6		30	3		11	13
	8	7	*Juin.*	5	2		15	14
	11	8		11	1		20	15
	13	9		16	0		28	16
	16	10			Ave.	*Novembre.*	16	15
	19	11		20	1		21	14
	22	12		25	2		25	13
	27	13		30	3		28	12
Février.	1	14	*Juillet.*	5	4	*Décembre.*	1	11
	21	14		11	5		3	10
	28	13		22	6		6	9
Mars.	5	12	*Août.*	11	5		8	8
	9	11		16	4		10	7
	12	10		21	3		12	6
	16	9		25	2		14	5
	19	8		29	1		17	4
	23	7	*Septembre.*	1	0		19	3
	26	6			Retd.		21	2
	29	5		4	1		23	1
Avril.	1	4		7	2		25	0
	5	3		10	3			Ave.
	8	2		13	4		27	1
	12	1		16	5		29	2
	16	0		19	6		30	3
		Retd.		22	7			
	20	1		24	8			
	25	2		27	9			
				30	10			

TABLE

DES LATITUDES ET LONGITUDES

DES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE.

Noms des lieux.	Latitude.	Longitude.
Agen.....	44° 12′ 22″	1° 43′ 40″ O.
Ajaccio.....	41 55 1	6 23 49 E.
Alby.....	43 55 46	0 11 42 O.
Alençon.....	48 25 48	2 14 53 O.
Amiens.....	49 53 41	0 2 4 O.
Angers.....	47 28 9	2 53 15 O.
Angoulême.....	45 38 57	2 10 59 O.
Arras.....	50 17 34	0 26 10 E.
Auch.....	43 38 39	1 45 4 O.
Aurillac.....	44 55 41	0 6 25 E.
Auxerre.....	47 47 57	1 14 6 E.
Avignon.....	43 57 8	2 28 15 E.
Bar-le-Duc, ou sur-Ornain.....	48 46 5	2 50 0 E.
Beauvais.....	49 26 7	5 15 15 O.
Besançon.....	47 13 45	3 42 30 E.

Noms des lieux.	Latitude.	Longitude.
Blois.....	47° 35′ 20″	0° 59′ 59″ O.
Bordeaux.....	44 50 14	2 54 14 O.
Bourbon-Vendée..	46 37 17	3 39 38 O.
Bourg.....	46 12 26	2 53 30 E.
Bourges.....	47 5 4	0 3 42 E.
Caen.....	49 11 12	2 41 53 O.
Cahors.....	44 25 59	0 52 58 O.
Carcassonne.....	43 12 54	0 0 45 E.
Châlons-sur-Marne.	48 57 16	2 1 46 E.
Chartres.....	48 26 54	0 50 55 E.
Châteauroux.....	46 48 46	0 38 50 O.
Chaumont.....	48 6 13	2 50 0 E.
Clermond-Ferrand.	45 46 44	0 45 2 E.
Colmar.....	48 4 44	5 2 11 E.
Digne..... ..	44 5 18	3 54 4 E.
Dijon.....	47 19 25	2 41 50 E.
Draguignan.....	43 32 18	4 8 18 E.
Épinal.....	48 10 33	4 6 57 E.
Évreux.....	48 55 30	1 10 56 O.
Foix.....	42 57 45	0 43 53 O.
Gap..... .	44 33 37	3 44 47 E.
Grenoble.....	45 11 42	3 23 24 E.
Gueret.....	46 10 12	0 28 10 O.
Laon.....	49 33 54	1 17 12 E.
La Rochelle.....	46 9 21	3 29 55 O.

Noms des lieux.	Latitude.	Longitude.
Laval.....	48° 4′ 14″	3° 6′ 38″ O.
Le Mans.....	48 0 30	0 8 40 O.
Le Puy.....	45 2 51	1 33 21 E.
Lille.....	50 37 50	0 44 16 E.
Limoges.....	45 49 53	1 4 52 O.
Lons-le-Saulnier..	46 40 34	3 13 9 E.
Lyon.....	45 45 58	2 29 9 E.
Mâcon.....	46 18 27	2 29 53 E.
Marseille.....	43 17 49	3 2 0 E.
Melun.....	58 32 23	0 19 23 E.
Mende.....	44 30 42	1 9 19 E.
Metz.....	49 7 10	3 50 13 E.
Mézières.....	49 45 47	2 23 16 E.
Montauban.....	44 0 55	0 59 30 O.
Monbrison.....	45 36 41	1 44 8 E.
Mont-Marsan.....	43 54 42	2 49 55 O.
Montpellier.....	43 36 16	1 32 30 E.
Moulins.....	46 34 4	0 59 59 E.
Nancy.....	48 41 55	3 50 16 E.
Nantes.....	47 13 9	3 52 59 O.
Nevers.....	46 59 17	0 49 16 E.
Niort.....	45 20 8	2 49 27 O.
Nismes.....	43 50 8	2 1 30 E.
Orléans.....	47 54 12	0 25 34 O.
Paris.....	48 50 13	0 0 0

Noms des lieux.	Latitude.	Longitude.
Pau.....	43° 19′ 1″	2° 42′ 48″ O.
Périgueux.....	45 11 8	1 36 41 O.
Perpignan.....	42 42 3	0 33 54 E.
Poitiers.....	46 35 0	1 59 32 O.
Privas.....	44 42 33	2 15 32 E.
Quimper.....	47 58 29	6 26 0 O.
Rennes.....	48 6 50	4 1 2 O.
Rodez.....	44 21 8	0 14 14 E.
Rouen.....	49 26 27	1 14 16 O.
Saint-Brieux.....	48 31 2	5 4 10 O.
Saint-Lô.....	49 6 57	3 25 53 O.
Strasbourg.....	48 34 56	5 24 36 E.
Tarbes.....	43 13 52	2 16 1 O.
Toulouse.....	43 35 46	0 53 45 O.
Tours.....	47 23 46	1 38 37 O.
Troyes.....	48 18 5	1 44 34 E.
Tulles.....	45 16 3	0 33 58 E.
Valence.....	44 55 59	2 33 10 E.
Vannes.....	47 39 26	5 5 19 O.
Versailles.....	48 48 21	0 12 53 O.
Vesoul.....	47 37 50	3 49 39 E.

VOCABULAIRE
D'ASTRONOMIE.

A.

Aberration. Petit mouvement apparent des étoiles causé par le mouvement de la terre combiné avec le mouvement progressif de la lumière; il en résulte que les étoiles fixes *paraissent* décrire une petite ellipse autour de leur vrai lieu.

Acronique. Se dit d'un phénomène qui se passe à l'entrée de la nuit, c'est-à-dire au moment où le soleil se couche.

Aérolithes. Pierres atmosphériques; sont peut-être un produit des volcans de la lune.

Age de la lune. Se dit du nombre de jours écoulés depuis la néoménie.

Aigle. Une des vingt-et-une constellations septentrionales.

Aire. C'est l'espace renfermé dans une figure. — Désigne aussi un cercle lumineux qui paraît quelquefois autour du soleil et des autres

astres. — C'est encore la surface décrite par un corps céleste autour du soleil.

Aldebaran. Primaire du Taureau ; est sur la ligne qui du pôle va passer entre la Chèvre et Persée, sans rencontrer aucune autre étoile remarquable.

Algol. Changeante de Persée; passe de la deuxième à la quatrième grandeur dans une période de 69 heures.

Almanach. Ephémérides où l'on consigne les jours de l'année, les fêtes, et quelquefois des *prédictions absurdes* sur les changemens de temps.

Amplitude d'un astre. Arc de l'horizon compris entre l'équateur et cet astre lorsqu'il se trouve à l'horizon.

Andromède. Constellation de l'hémisphère septentrional qui a vingt-sept étoiles.

Angles horaires. Sont formés au pôle par les plans des cercles horaires et le plan du méridien; ont pour mesure l'arc d'équateur compris entre ces cercles.

Anneau de Saturne. Cercle lumineux qui entoure la planète.

Année. Temps de la révolution *apparente* du soleil, ou *réelle* de la terre. — *tropique*, période

de retour de la terre à l'équinoxe $356^j\ 5^h\ 48'\ 5''$. — *sidérale*, temps du retour à une même étoile, $365^j\ 6^h\ 9'\ 11''\ 5'''$ — *bissextile*, composée de 366 jours. — *anomalistique*, temps du retour à l'apside. — *synodique*, temps du retour à la même position par rapport au soleil et à la terre.

Anomalie. Ce mot a cessé, en astronomie, de signifier irrégularité, pour indiquer un angle ou un arc. — *vraie*, distance angulaire du périgée au *vrai* soleil. — *moyenne*, distance du périgée au soleil moyen.

Antarès. Etoile de première grandeur, au cœur du Scorpion.

Aphélie. Lieu de l'orbite d'une planète qui est le plus éloigné du soleil.

Aplatissement de la terre. C'est le rapport de la différence des demi-axes au plus grand axe.

Apogée. Lieu de l'orbite d'une planète où elle est le plus éloignée de la terre.

Apsides. Points de l'orbite d'une planète dans lesquels elle se trouve soit à la plus grande, soit à la plus petite distance du soleil ou de la terre.

Arcturus. Étoile de première grandeur de la con-

stellation du Bouvier ; c'est l'une des plus brillantes du ciel.

Ascension droite d'un astre. C'est l'angle formé par le plan horaire de l'astre avec le méridien, à l'instant où le point fixe du Bélier pris pour origine s'y trouve.

Attraction. Dans la philosophie newtonienne, signifie puissance en vertu de laquelle toutes les parties, soit d'un même corps, soit de corps différens, tendent les unes vers les autres.

Aurores boréales. Lueurs qui apparaissent du côté du nord, dont on ignore la cause.

Axe. Droite passant par le centre d'un cercle, et qui lui est perpendiculaire.

Azimut. Arc d'horizon compris entre le méridien et le plan vertical qui contient un objet.

B.

Balance. Une des constellations du zodiaque.

Bélier. Le premier des douze signes du zodiaque.

C.

Cancer. Nom d'un des douze signes du zodiaque.

Capricorne. Un des douze signes du zodiaque.

Centrifuge. Qui tend à éloigner d'un centre.

Centripète. Qui pousse les corps vers un centre commun.

Cercles de déclinaison. Sont ceux qui passant par les pôles sont perpendiculaires à l'équateur.

Cérès. Septième planète, découverte par Piazzi.

Changeantes. Étoiles dont l'éclat est variable.

Chariot. C'est la constellation de la grande Ourse.

Chèvre. Primaire du Cocher.

Circompolaires. Qui tournent autour du pôle sans se coucher jamais.

Colures. Anciennes dénominations par lesquelles on désignait deux grands cercles de la sphère qui passent, *celui des équinoxes*, par les points équinoxiaux, et le pôle de l'équateur; *celui des solstices*, par les points solsticiaux et les pôles de l'écliptique et de l'équateur.

Conjonction. Deux planètes sont en conjonction lorsqu'elles ont même longitude.

Constellations. Figures arbitraires dans lesquelles on a classé les étoiles.

Cosmique. Se dit d'un phénomène observé au soleil levant.

Crépuscule. Prolongation du jour par l'effet des réfractions.

Culminans (points). Lieux le plus haut et le

plus bas du cours des astres et où passe le méridien.

Cycle. Cercle, période.

D.

Déclinaison. Distance à l'équateur du parallèle que décrit un astre; elle est australe ou boreale. — *de l'aiguille aimantée*, c'est l'angle que fait cette aiguille avec le méridien.

Degré du méridien. C'est l'espace qu'il faut parcourir sur cette courbe pour que les verticales qui passent par les extrémités de cet espace fassent entre elles un angle égal à la 360e partie de la circonférence. Le degré moyen est de 57,008 toises.

Dépression. Angle formé par une horizontale avec les rayons visuels menés d'un point de cette ligne à ceux qui lui sont inférieurs.

Diamètre. Droite qui passe par le centre d'un cercle et se termine de part et d'autre à sa circonférence. — *apparent d'une planète ;* angle qui a pour corde ce diamètre vu de la terre.

Dichotome. Se dit de la lune lorsqu'on ne voit que la moitié de son disque.

Doigt. C'est la douzième partie du diamètre apparent du soleil ou de la lune.

Dragon. Constellation boréale circompolaire.

E.

Éclipse de lune. Passage de cet astre dans l'ombre de la terre. — *de soleil;* circonstance dans laquelle la lune intercepte la vue du disque de cet astre, ou seulement d'une partie. — *centrale;* dans laquelle les centres du soleil et de la lune et l'observateur, se trouvent sur la même droite. — *annulaires;* dans lesquelles le soleil déborde de tous côtés le disque de la lune.

Écliptique. Orbite que décrit la terre dans son mouvement annuel.

Élévation, d'un astre, du pôle, de l'équateur, se dit de l'arc du méridien compris entre l'astre, le pôle, l'équateur et l'horizon.

Ellipse. Section d'un cône droit par un plan oblique à sa basse, mais qui ne la rencontre pas.

Ellipsoïde. Solide de révolution engendrée par la rotation de l'ellipse autour d'un de ses axes.

Élongation. Angle compris entre le lieu du soleil vu de la terre et le lieu d'une planète également vu de ce globe.

Émersion. Sortie d'un satellite de l'ombre de sa planète.

Équateur. Grand cercle de la sphère, perpendiculaire à l'axe de rotation.

Équation. Indique en astronomie les nombres qu'on doit ajouter ou ôter à des valeurs moyennes pour obtenir les véritables. — *du temps*, différence entre le temps vrai et le temps moyen. — *de l'orbite*, variations dans le mouvement apparent du soleil dues à la vitesse et à l'excentricité. — *annuelle*, inégalités qui dépendent du lieu de la terre dans l'écliptique, et dont la période s'accomplit en une année.

Équinoxes. Points diamétralement opposés sur l'orbite de la terre, à chacun desquels son axe n'est incliné d'aucun côté vers le soleil, qui se trouve alors dans le plan de l'équateur terrestre.

Est. Point de l'horizon qui se trouve à gauche quand on regarde le midi.

Été. Saison comprise entre le solstice et l'équinoxe d'automne.

Étoiles. Corps lumineux que l'on voit briller pendant la nuit, et qui conservent sensiblement entre elles la même situation.

Évection. Variation d'excentricité de l'orbite lunaire.

Excentricité. Distance qui se trouve entre le centre et le foyer d'une ellipse.

F.

Firmament. Assemblage des étoiles fixes, ainsi appelé parce que les anciens les considéraient comme placées sur la dernière enveloppe céleste.

Flux ou *flot.* Ondulation de la mer qui inonde la plage.

Fomalhaut. Primaire du Poisson austral.

G.

Gémeaux. Constellation zodiacale.

Gnomon. Verticale dont on reçoit l'ombre sur un plan horizontal, et qui fait ainsi connaître la hauteur du soleil au moment de l'observation.

Gnomonique. Art de tracer les cadrans solaires.

Gravitation. Action de tendre et de peser vers un point.

Gravité. Force en vertu de laquelle les corps tendent vers un centre d'attraction.

H.

Hauteur. Voyez *Élévation.* — *méridienne d'un astre.* Élévation de cet astre lorsqu'il passe au méridien.

Héliaque. Se dit du lever et du coucher des astres lorsqu'ils se lèvent environ une heure avant ou se couchent une heure après le soleil.

Heure. Espace de temps que l'on prend pour unité dans les divisions du jour. — *sidérale.* Est donnée par le retour consécutif d'une étoile au méridien. — *moyenne.* C'est celle que marquent les montres, les horloges; elles sont l'une et l'autre régulières quoique différentes. — *vraie ou solaire.* Est donnée par le passage du soleil au méridien ; elle est inégale.

Horizon sensible. Plan tangent au globe par le point où se trouve l'observateur. — *rationnel.* Plan mené par le centre de la terre parallèlement à l'horizon sensible.

I.

Immersion. Entrée d'un satellite dans l'ombre de sa planète.

Inclinaison. Angle formé par la rencontre de

deux lignes ou de deux plans. — *de l'aiguille aimantée*. Angle que fait cette aiguille avec l'horizon.

J.

Jour. Espace de temps qui comprend vingt-quatre heures. (Voyez *Heure*.)

Junon ou *Harding*. Sixième planète.

Jupiter. Neuvième planète, située entre Saturne et Mars.

K.

Képler. Célèbre astronome né en 1571. Découvrit les lois du mouvement des planètes, lois qui portent son nom.

L.

Latitude terrestre. Distance d'un lieu à l'équateur comptée sur le méridien.

Latitude d'un astre. Distance de cet astre à l'écliptique, mesurée par un arc du grand cercle qui passe par l'astre et le pôle de l'écliptique.

Libration de la lune. Changement *apparent* dans la situation des taches de la lune.

Lieu. Vrai, apparent. Le lieu *vrai* d'un astre sur la sphère céleste est celui où on le verrait s'il était observé du centre de la terre. Le

lieu apparent est celui auquel on le rapporte quand on l'observe de la surface terrestre.

Lignes horaires. Intersections des cercles horaires de la sphère avec le plan d'un cadran solaire.

Longitude terrestre. Angle des méridiens mesuré par l'arc compris entre eux sur l'équateur.

Longitude d'un astre. Arc d'écliptique compris entre l'astre et le point ♈.

Lunaison. Temps qui s'écoule depuis le commencement de la nouvelle lune jusqu'à la fin du dernier quartier.

Lune. Satellite de la terre, n'a point sur les changemens de temps l'influence qu'on lui attribue encore si généralement.

M.

Marées. Élévation et abaissement successifs des eaux de l'Océan dans un même lieu et à des intervalles de temps réglés. (Voyez *Flux* et *Reflux.*)

Mars. Quatrième planète.

Mercure. Première planète.

Méridien. Grand cercle de la sphère qui passe par les pôles. — *Premier.* Celui dont on part pour compter les longitudes.

Méridienne. Intersection du méridien avec l'horizon.

Mouvement annuel du soleil. Apparence produite par un mouvement réel que la terre exécute autour du soleil dans l'espace d'une année. — *diurne.* Apparent des astres d'orient en occident; il est produit par la rotation réelle de la terre d'occident en orient.

N.

Nadir. Pôle inférieur de l'horizon.

Nébuleuses. Amas d'étoiles dont la lumière est peu brillante.

Néoménie. Nouvelle lune.

Newton. Naquit en 1642, mourut en 1727.

Nœuds. Points extrêmes de l'orbite d'une planète où elle coupe l'écliptique.

Nonagésime. Point de l'écliptique où ce plan est rencontré par le cercle de latitude qui passe par le zénith.

Nutation. Mouvement de l'axe terrestre en vertu duquel il s'incline tantôt plus, tantôt moins sur l'écliptique.

O.

Obliquité de l'écliptique. Angle formé par ce plan et celui de l'équateur.

Occultation. Disparition passagère d'une étoile

ou d'un satellite causée par la superposition d'une planète.

lbers ou *Pallas*. Huitième planète.

pposition. Deux planètes sont en opposition lorsque leurs longitudes diffèrent de 180°.

rbite. Trace de la révolution des astres.

urse (*la grande*). Belle constellation boréale formée principalement de sept belles étoiles; elle sert de base pour trouver les autres constellations par le moyen des alignemens. — (*la petite*). Constellation boréale également formée de sept étoiles placées en sens inverse de celles de la grande ourse. La *polaire* en fait partie.

P.

arabole. Section d'un cône par un plan parallèle au côté du cône; c'est donc une courbe ouverte.

arallaxe. Angle compris entre les directions suivant lesquelles un astre serait vu simultanément du centre de la terre et d'un point de sa surface.

'énombre. Espace dans lequel ne pénètre qu'une partie des rayons qui émanent d'un corps lumineux.

Périgée ou *périhélie*. Point d'une orbite elliptique le plus rapproché du soleil.

Perturbations. Changemens dans les mouvemens réguliers des astres.

Pesanteur. Résultat de la gravitation.

Phases de la lune. Aspects divers de la lune déterminés par sa position à l'égard du soleil et de la terre.

Piazzi. Voyez *Cérès*.

Planètes. Corps célestes qui empruntent leur lumière du soleil, et qui ont des mouvemens propres et périodiques.

Poissons. Constellation zodiacale.

Pôles. Extrémités de l'axe d'un cercle.

Précession des équinoxes. Rétrogradation d'orient en occident des points équinoxiaux.

Printemps. Commence le jour que le soleil paraît entrer dans le signe du Bélier, et finit lorsque cet astre sort des Gémeaux.

Q.

Quadrature de la lune. Sa position quand elle paraît éloignée du soleil de 90°.

R.

Reflux. Mouvement réglé de la mer lorsqu'elle s'éloigne du rivage.

Réfraction. Dérangement que souffre un rayon de lumière en traversant des milieux de densités différentes.

Rétrogradations. Mouvement rétrograde *apparent* des planètes.

Révolution. Mouvement annuel des astres.

Rotation. Mouvement diurne des astres.

S.

Saturne. Dixième planète.

Scorpion. Constellation zodiacale.

Sélénographie. Description de la lune.

Solstice. Points de la révolution apparente du soleil où il est le plus éloigné de l'équateur.

Station des planètes. Leur immobilité apparente pendant plusieurs jours.

Syzygie. Dénomination commune à l'opposition et à la conjonction de la lune par rapport au soleil.

T.

Taureau. Constellation zodiacale.

Temps. (Voyez *Jour, Heure.*)

Translation. Se dit du mouvement qui transporte une planète dans les points successifs de son orbite.

Tropiques. Cercles auxquels répond le soleil aux

solstices, et qui sont les limites de la zone torride.

U.

Uranus ou *Herschell*. Onzième planète.

V.

Vénus. Deuxième planète; elle est inférieure.

Verseau. Constellation zodiacale.

Verticale. C'est la direction du fil à-plomb.

Vertical (*premier*). Cercle qui passe par le zénith et par les points *est* et *ouest*.

Vesta. Cinquième planète.

Vierge. Constellation zodiacale.

Voie lactée. Espace blanchâtre formé d'un amas d'étoiles et qui traverse le ciel en coupant l'écliptique vers les deux solstices. On la nomme aussi *galaxie*.

Z.

Zénith. Sommet de la calotte céleste qui nous enveloppe de toute part; c'est le pôle de l'horizon.

Zodiaque. Zone d'environ 17° coupée par l'écliptique en deux parties égales.

Zone. Portion de sphère renfermée entre des cercles parallèles.

Planche I.re

EXPLICATION DES FIGURES

DONT LES NUMÉROS NE SONT PAS INDIQUÉS DANS L'OUVRAGE.

La Figure 10, Planche I^re^, représente les degrés d'inclinaison des diverses planètes sur le plan de l'écliptique EE'.

La description de la Planche V, représentant la figure de la lune, se trouve à la page 139 de cette troisième édition.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME.

PRÉFACE ..... *Pages* j

Phénomènes généraux de la voûte céleste. — Aspect du ciel 1

De la Sphère céleste 5

De la rondeur de la Terre et des principales divisions du Globe 10

Des différens aspects du ciel suivant la position de l'observateur 13

Des diverses circonstances du mouvement diurne des Étoiles 18

Détermination du Méridien et de la Méridienne 24

Des diverses méthodes propres à fixer la position des astres 30

De la Terre 37

Dimensions du Globe. Aperçu des moyens qu'on emploie pour les déterminer 38

Parallaxe et volume des astres 54

Rotation diurne de la Terre 62

Mouvement annuel de la Terre 80

Des Saisons et des Jours dans les divers lieux de la Terre 88

De la température de la Terre 94

Nature de la courbe décrite par le mouvement annuel de la Terre 98

De la mesure du Temps 102

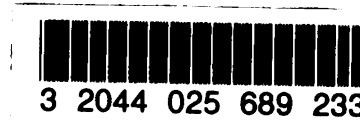
Du Calendrier 105

Du Soleil 119

Constitution physique du Soleil 121

De la Lune..... 130
Mouvement elliptique de la Lune..... 133
Constitution physique de la Lune..... 139
Libration de la Lune..... 145
Des Éclipses..... 148
Des Planètes..... 155
Printemps..... 157
Été..... *ibid.*
Automne..... *ibid.*
Hiver..... *ibid.*
Explications de la dénomination des signes du Zodiaque..... 158
Signe du Capricorne..... 159
—— du Verseau..... 161
—— des Poissons..... 162
—— du Bélier..... 163
—— du Taureau..... 164
—— des Gémeaux..... *ibid.*
—— du Cancer..... *ibid.*
—— du Lion..... 165
—— de la Vierge..... *ibid.*
—— de la Balance..... 166
—— du Scorpion..... *ibid.*
—— du Sagittaire..... 167
Des Planètes inférieures..... 169
De Mercure..... *ibid.*
De Vénus..... 172
Planètes supérieures..... 174
Mars..... 176
Des quatre planètes nouvelles, Junon, Cérès, Pallas et Vesta..... 178

De Jupiter et de ses satellites..... 180
De Saturne, de son anneau et de ses satellites..... 184
D'Uranus et de ses satellites..... 191
Tableau des volumes, masses, gravités, parallaxes annuelles..... 193
Des Orbes planétaires et des lois de Képler..... 195
Stations et rétrogradations des Planètes..... 200
Des Étoiles fixes..... 203
Constellations boréales des anciens..... 207
——— boréales des modernes..... 208
——— zodiacales..... *ibid.*
——— australes des anciens..... 209
——— australes des modernes..... 210
Des Comètes..... 216
Attraction universelle..... 226
Des inégalités séculaires et périodiques..... 231
Inégalités de la Lune et de la Terre..... 234
Des Marées..... 244
Des masses planétaires..... 250
De l'atmosphère et de la lumière dans leurs rapports avec l'astronomie..... 253
NOTIONS DE GNOMONIQUE..... 264
Cadrans verticaux..... 270
TABLE des jours de l'année moyenne, auxquels une montre réglée doit avancer ou retarder d'un nombre entier de minutes sur le midi du soleil..... 275
TABLE des latitudes et longitudes des principales villes de France..... 276
VOCABULAIRE D'ASTRONOMIE..... 280
Explication des figures..... 297


3 2044 025 689 233